COMMITTENTE:

RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA

GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

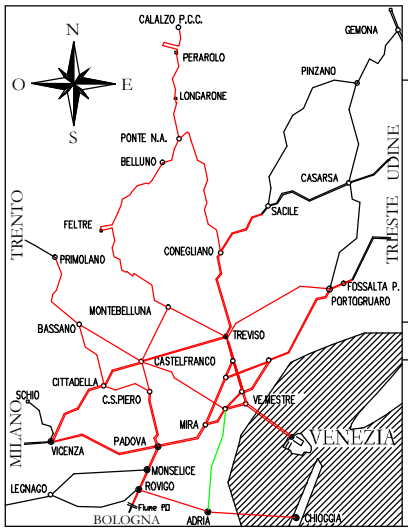
DIREZIONE TERRITORIALE PRODUZIONE VENEZIA

PROGETTAZIONE:

sepi s.r.l. Studi Esecuzione Progetti Ingegneria

STUDI ESECUZIONE PROGETTI INGEGNERIA S.E.P.I. S.r.l.
Via F.lli Perini, 93 - 38122 Trento (TN)

SOGGETTO TECNICO: DIREZIONE TERRITORIALE PRODUZIONE VENEZIA
S.O. INGEGNERIA e TECNOLOGIE
REP. S.O.A.F.I.S. - Sede Opere d'Arte Fabbricati Impianti Speciali



PROGETTO DEFINITIVO

Linea: VENEZIA - TRIESTE

Località: QUARTO D'ALTINO - RONCADE

Progettazione definitiva dell'intervento di modifica di tracciato della linea ferroviaria Venezia - Trieste tra il km 15+600 ed il km 17+800 circa, ai fini della velocizzazione della tratta Venezia Mestre - Portogruaro

ELABORATI A CARATTERE GENERALE
Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili

SCALA -

Foglio 1 di 1

PROGETTO/ANNO	SOTTOPR.	LIVELLO	NOME DOC.	PROG.OP.	FASE FUNZ.	NUMERAZIONE
144113	001	PD	TBBC	04	04	EGNR05A

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Prima emissione	Soraperra	13.08.15	Soraperra	14.08.15	Meneguzzer	17.08.15	Meneguzzer	17.08.15

POSIZIONE ARCHIVIO

LINEA	SEDE TECN.	NOME DOC.	NUMERAZIONE
L390	TR3044	TBBC	EGNR05A

Verificato e trasmesso	Data	Convalidato	Data	Archiviato	Data

TIMBRO

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO
dott.ing. ROCCO MENEGUZZER
sezione A settore civile e ambientale

File: 149915DRIS01200

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI

Parte	Titolo
PARTE I	**DISPOSIZIONI GENERALI** **I.1 SCOPO E CAMPO D'APPLICAZIONE** **I.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO** **I.3 DEFINIZIONI** **I.4 ABBREVIAZIONI** **I.5 ONERI GENERALI** **I.6 ADEMPIMENTI IN MATERIA AMBIENTALE** **I.7 ADEMPIMENTI IN MATERIA DI SICUREZZA**
PARTE II	SEZIONE 1 – BONIFICA ORDIGNI BELLICI SEZIONE 2 – RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI SEZIONE 3 – SONDAGGI E PROSPEZIONI SEZIONE 4 – DEMOLIZIONI SEZIONE 5 – OPERE IN TERRA E SCAVI SEZIONE 6 – OPERE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO SEZIONE 7 – PALI E MICROPALI SEZIONE 8 – PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE SEZIONE 9 – OPERE DI DIFESA DELLA SEDE FERROVIARIA SEZIONE 10 – OPERE DI MIGLIORAMENTO, RINFORZO E STABILIZZAZIONE ~~SEZIONE 11 – GALLERIE~~ *omissis* SEZIONE 12 – PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA SEZIONE 13 – SUB-BALLAST - PAVIMENTAZIONI STRADALI SEZIONE 14 – BARRIERE ANTIRUMORE SEZIONE 15 – OPERE A VERDE SEZIONE 16 – OPERE VARIE

A termine di legge, Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. si riserva la proprietà di questo documento che non potrà essere copiato, riprodotto o comunicato ad altri senza esplicita autorizzazione.

Rev.	Data	Descrizione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30.06.2104	Emissione per applicazione	Cinzia Giangrande Franco Iacobini Marco Tisalvi	Paola Firmi

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

INDICE

PARTE I: DISPOSIZIONI GENERALI

I.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE 3

I.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO 3

I.2.1 NORMATIVA NAZIONALE 3

I.2.2 NORMATIVA EUROPEA 4

I.2.3 DOCUMENTAZIONE TECNICA 4

I.3 DEFINIZIONI 4

I.4 ABBREVIAZIONI 5

I.5 ONERI GENERALI 5

I.6 ADEMPIMENTI IN MATERIA AMBIENTALE 7

I.7 ADEMPIMENTI IN MATERIA DI SICUREZZA DEL LAVORO 7

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

PARTE I

DISPOSIZIONI GENERALI

I.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Il presente Capitolato Generale Tecnico di Appalto determina la condizioni tecniche generali per l'esecuzione e la valutazione dei lavori di opere civili che si danno in appalto da Rete Ferroviaria Italiana, sia per nuove costruzioni, come per riparazioni o modificazioni di opere già esistenti.

Tale documento è da assumere a riferimento per la redazione del Capitolato speciale d'appalto previsto dalle Condizioni Generali di Contratto, dovrà essere richiamato nelle procedure di gara e costituirà parte integrante del contratto da stipulare con l' ESECUTORE.

Nel Capitolato, per brevità ed uniformità, è solitamente indicato, con il termine generico di "FERROVIE", RFI S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (Direzione lavori, Alta sorveglianza). Il termine generico di "ESECUTORE" è usato per indicare il soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale).

La Parte I del presente Capitolato contiene le disposizioni generali valide per tutte le 16 Sezioni, che compongono la Parte II.

Ciascuna Sezione della Parte II è relativa ad una categoria o tipologia di opere civili e definisce:

- le normative, le specifiche tecniche e funzionali, gli standard, le prescrizioni generali e particolari da osservare e i requisiti tecnici minimi richiesti;
- i materiali da utilizzare e le relative modalità d'impiego;
- i requisiti di accettazione dei materiali e dei componenti;
- le modalità di controllo e le prove di materiali e componenti;
- le modalità di esecuzione delle opere;
- le norme di misurazione di ogni lavorazione, etc..

I.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Tutti i lavori dovranno essere eseguiti nel rispetto delle norme di legge e dei regolamenti vigenti, istruzioni e normative tecniche applicabili, delle specifiche tecniche emanate dalle FERROVIE, nonché di tutta la documentazione di riferimento riportata sia nella prima parte generale sia nelle successive Sezioni di Capitolato, riguardanti le specifiche categorie o tipologie di opere da realizzare.

Si elenca di seguito la principale documentazione di riferimento per la quale è specificato l'anno di pubblicazione. Resta inteso che gli eventuali aggiornamenti, pubblicati a valle della redazione del presente Capitolato, saranno recepiti dall'ESECUTORE, previo accordo tra le parti.

I.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- Capitolato generale d'appalto (D.M. n. 145 del 19.04.2000);
- Codice dei Contratti Pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE - D.lgs. n. 163 del 12/04/2006 e s.m.i.;
- Nuovo Regolamento del Codice dei Contratti - D.P.R. n. 207 del 5.10.2010 e s.m.i;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 14 gennaio 2008: "Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" e s.m.i.;
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 del Consiglio Superiore dei LL.PP. - "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008";
- D.lgs n. 152 del 3.04.2006 "Norme in materia ambientale" e s.m.i.;
- Decreto del Min. Ambiente 01/08/2012 n. 161 "Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo";
- D.lgs n. 81 del 9.04.2008 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro" e s.m.i.;
- Legge n. 191 del 26.04.1974 - Prevenzione degli infortuni sul lavoro nei servizi e negli impianti gestiti dall'Azienda autonoma delle ferrovie dello Stato;
- DPR n. 469 del 1° giugno 1979 - Regolamento di attuazione della legge 26 aprile 1974, n. 191, sulla prevenzione degli infortuni sul lavoro nei servizi e negli impianti gestiti dall'Azienda autonoma delle Ferrovie dello Stato;
- D.P.R. n.753 del 11 luglio 1980 - Nuove norme in materia di polizia, sicurezza e regolarità dell'esercizio delle ferrovie e di altri servizi di trasporto;
- Decreto Min. Infrastrutture e Trasporti 4/4/2014 n. 137 "Norme Tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto".

I.2.2 NORMATIVA EUROPEA

- Specifiche Tecniche di Interoperabilità (S.T.I.) per il sottosistema infrastruttura del sistema ferroviario trans-europeo ad alta velocità e convenzionale.

I.2.3 DOCUMENTAZIONE TECNICA

- Manuale di progettazione di RFI – edizione 2003 e s.m.i;
- "Regolamento per le Attività Negoziali delle Società del Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane" DISPOSIZIONE DI GRUPPO n. 149/AD del 27 Marzo 2012;
- "Condizioni Generali di Contratto per gli appalti di forniture delle Società del Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane" - DISPOSIZIONE DI GRUPPO n. 150 /AD del 27 marzo 2012;
- "Condizioni Generali di Contratto per gli appalti di lavori delle Società del Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane" - DISPOSIZIONE DI GRUPPO n. 151/AD del 27 Marzo 2012;
- Linea guida per il collaudo statico delle opere di ingegneria civile dell'infrastruttura ferroviaria, emanata con nota RFI DTC SICS PO LG IFS 001 A del 27/12/2013;
- COP n. 316/RFI del 29 lug. 2014 - Procedura Operativa "La Direzione dei Lavori negli appalti gestiti da RFI" - RFI DPR PD IFS 005 D;
- Tariffe di prestazioni e lavori.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

I.3 DEFINIZIONI

A completamento dei termini definiti nel Contratto d'appalto e nelle successive Sezioni di Capitolato, di seguito si riporta il significato dei termini principali utilizzati nel presente Capitolato e nei documenti in esso richiamati.

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale);

FERROVIE: RFI S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (Direzione lavori, Alta sorveglianza);

Committente: il soggetto per conto del quale l'opera viene realizzata o la fornitura viene effettuata;

Contratto: l'accordo tra il Committente e Appaltatore per l'esecuzione dei lavori descritti nel Contratto d'appalto contenente l'indicazione del corrispettivo pattuito o tra il Committente e il Fornitore per l'esecuzione delle forniture;

Appaltatore: la persona fisica o giuridica, o le persone fisiche o giuridiche ovvero soggetti senza personalità giuridica anche temporaneamente riuniti, consorziati, ovvero raggruppati in gruppo europeo di interesse economico, che si impegnano alla realizzazione dei lavori descritti nel Contratto di Appalto e delle forniture e dei servizi ad essi connessi;

Progetto: i documenti articolati in diversi livelli di approfondimento tecnico contenenti le indicazioni grafiche o numeriche illustrative o descrittive dell'oggetto dell'appalto;

Fornitore: la persona fisica o giuridica, o le persone fisiche o giuridiche ovvero soggetti senza personalità giuridica anche temporaneamente riuniti, consorziati, ovvero raggruppati in gruppo europeo di interesse economico, che si impegnano all'esecuzione delle forniture descritte nel Contratto d'appalto, nonché degli eventuali lavori e/o servizi ad esse connessi;

Capitolato speciale: il documento diviso in due parti: la prima, contenente la descrizione delle lavorazioni, con l'indicazione di tutti gli elementi necessari per una compiuta definizione tecnica ed economica dell'oggetto dell'appalto; la seconda, contenente la specificazione delle norme tecniche di progettazione (nel caso in cui la progettazione sia onere dell'Appaltatore), di esecuzione, di misurazione, di controllo della qualità e di accettazione inerenti il Contratto di appalto;

Direttore Lavori: figura incaricata di esercitare, per conto del Committente, tutte le attività finalizzate alla direzione ed al controllo tecnico, contabile ed amministrativo dell'esecuzione dei contratti di appalto curando che i lavori siano eseguiti a regola d'arte, in conformità del progetto e del contratto e nel rispetto della normativa vigente;

Personale incaricato: qualsiasi soggetto incaricato dal Committente delle operazioni di svolgimento delle attività connesse all'esecuzione del Contratto da parte del Fornitore, nonché allo svolgimento, in qualsiasi momento, di controlli e verifiche presso gli stabilimenti del Fornitore, diretti ad accertare la conformità delle forniture alle prescrizioni contrattuali.

I.4 ABBREVIAZIONI

p.m.

I.5 ONERI GENERALI

L'ESECUTORE dovrà rispettare le prescrizioni tecniche, generali e particolari, ed adempiere agli obblighi descritti nelle Sezioni del presente Capitolato, riguardanti le specifiche categorie o tipologie di opere da realizzare.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Tutti i lavori dovranno essere eseguiti nel rispetto delle norme di legge e dei regolamenti vigenti, fatto salvo il caso in cui il presente Capitolato preveda requisiti tecnici o standards qualitativi più elevati di quelli minimi previsti dalle normative tecniche in materia.

Le disposizioni e le norme tecniche di questo Capitolato sono impegnative per l'ESECUTORE, ma non limitative. Resta quindi inteso che è obbligo dell'ESECUTORE eseguire ed ultimare il lavoro, completo in ogni sua parte, in conformità agli elaborati di progetto, alle indicazioni del presente Capitolato e per tutto ciò che non è in essi indicato, al Capitolato Speciale, allegato al Contratto.

Le prescrizioni riportate nel Capitolato sono da intendersi integrative, ove non in contrasto, con le norme di legge vigenti e sono relative ai materiali, alle opere e ai componenti e alle relative modalità esecutive con lo scopo di garantire la stabilità e la durabilità nel tempo dell'opera finita.

Al fine di verificare la rispondenza delle opere eseguite alle norme vigenti, alle specifiche tecniche e agli standard prefissati, l'ESECUTORE deve eseguire o far eseguire a proprie spese tutte le prove e i controlli previsti dalla normativa vigente, quelli prescritti dal presente Capitolato nonché quelli integrativi richiesti dalle FERROVIE, in base a motivate esigenze, ovvero dal Collaudatore statico e/o dalla Commissione di Collaudo Tecnico Amministrativo.

Tutti gli oneri, diretti ed indiretti, derivanti dall'applicazione delle presenti prescrizioni, compresi quelli necessari per il prelievo, il confezionamento, il trasporto dei campioni dei materiali da sottoporre a prove fisiche, chimiche, meccaniche e funzionali, nonché i costi di esecuzione di queste ultime presso il Laboratori Ufficiali/Autorizzati si intendono compresi e compensati dai prezzi contrattuali.

Per tutti i tipi di prova, l'ESECUTORE deve fornire la manodopera e le attrezzature e deve predisporre le eventuali opere provvisionali ed i ponteggi in quantità e tipologie adeguate all'esecuzione delle prove medesime, nel rispetto delle garanzie di sicurezza durante le fasi operative. Resta inteso che il ripristino integrale delle parti d'opera interessate da prove e prelievi è da intendersi a carico dell'ESECUTORE e deve essere eseguito con materiali e modalità approvati dalle FERROVIE.

L'utilizzo di innovazioni tecnologiche, migliorative, che potranno intervenire nel corso di validità del presente Capitolato, relativamente ad attrezzature, modalità di esecuzione, prove in sito e/o in laboratorio etc., dovrà essere approvato dalle FERROVIE.

Fermo restando il diritto delle FERROVIE di provvedere, direttamente con il personale incaricato o attraverso organismi delegati, alla:

- verifica ed approvazione di documentazione progettuale, calcoli, relazioni, certificati, etc;
- effettuazione di prove e collaudi su materiali, manufatti e opere realizzate o in corso d'opera,

l'ESECUTORE, solidalmente al Progettista, resterà totalmente responsabile relativamente a quanto, a titolo indicativo ma non limitativo, di seguito elencato:

- validità e completezza del progetto;
- esecuzione delle opere nel rispetto del progetto, delle regole d'arte e dei patti contrattuali;
- rispetto delle norme di legge e dei regolamenti vigenti;
- rispetto delle istruzioni e specifiche emanate dalle FERROVIE;
- danni, direttamente od indirettamente, derivati dalle operazioni di realizzazione delle opere, causati alle FERROVIE, agli organismi operanti per conto della stessa, a terzi, al proprio personale incaricato ed a quello dei suoi subappaltatori e fornitori.

E' espressamente inteso ed accettato dall'ESECUTORE che le verifiche, le approvazioni, le prove ed i collaudi effettuati dalle FERROVIE e dagli organismi, da essa delegati, non solleveranno in alcun modo e ad alcun titolo le responsabilità dell'ESECUTORE stesso.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Qualora un argomento risulti trattato in più Sezioni del Capitolato, in caso di discordanza, di regola avrà prevalenza l'indicazione contenuta nella specifica Sezione relativa all'opera di cui trattasi (es. micropali per fondazioni di opere d'arte Sez. 7, micropali per consolidamento del terreno Sez. 10).

Ogni ambiguità e/o contraddizione di altra natura che dovesse essere riscontrata tra i contenuti del presente Capitolato dovrà essere segnalata, in forma scritta, all'attenzione delle FERROVIE. Resta inteso che in caso di discordanza o contrasto di interpretazione tra le prescrizioni del presente Capitolato, avranno prevalenza quelle più favorevoli per le FERROVIE.

I.6 ADEMPIMENTI IN MATERIA AMBIENTALE

Nello svolgimento delle proprie attività, l'ESECUTORE è tenuto alla completa osservanza di quanto prescritto dalla normativa vigente in materia di tutela ambientale, dalle CGC, dalle procedure in uso presso RFI oltre che dalle ulteriori eventuali prescrizioni impartite da RFI medesima e/o dagli Enti di tutela in materia ambientale in fase di approvazione del progetto od in corso d'opera, oltre che a prevedere, nell'eventuale contratto di subappalto o di fornitura in opera, l'obbligo da parte del/i Subappaltatore/i o del/i fornitore/i in opera di osservare dette prescrizioni, norme o disposizioni. In particolare, l'ESECUTORE è tenuto a porre in essere tutte le precauzioni, gli adempimenti, le misure organizzativo/gestionali e le cautele previste dalla normativa in materia di tutela ambientale in modo da evitare che dall'esecuzione dei lavori possano determinarsi situazioni di violazione della stessa, di inquinamenti, di pericolo per la salute dell'uomo e di pregiudizio o pericolo di pregiudizio per l'ambiente.

Le FERROVIE vigileranno affinché l'ESECUTORE rispetti tutte le prescrizioni previste dalla normativa vigente e dalle Procedure di Tutela Ambientale ferroviarie, per quanto applicabili, consegnate al momento della sottoscrizione del contratto applicativo; a tal fine il DL effettua, nel corso dei lavori, accertamenti circa lo stato delle aree cedute all'ESECUTORE e sul corretto adempimento degli obblighi in materia di tutela dell'ambiente (p.es. corretta gestione dei rifiuti e dei materiali tolti d'opera; eventuale ottenimento delle autorizzazioni comunali per lo svolgimento di attività temporanee, in deroga ai valori limite di immissione di rumore, laddove necessarie; rispetto delle normative per lo stoccaggio di lubrificanti, combustibili liquidi, e altre sostanze pericolose, etc.).

L'ESECUTORE resterà responsabile di ogni negativa conseguenza sullo sviluppo dei lavori derivante dal mancato rispetto di normative/prescrizioni ambientali e sarà a suo carico, oltre all'onere di tempestiva risoluzione delle carenze e/o difformità, ogni eventuale sanzione per le stesse irrogata dalle Autorità competenti.

I.7 ADEMPIMENTI IN MATERIA DI SICUREZZA DEL LAVORO

L'ESECUTORE è tenuto alla completa osservanza di quanto prescritto dalle Condizioni generali di Contratto, dal Contratto di Appalto, dal Capitolato, dal D. Lgs. 81/08 e s.m.i. (in particolare per quanto riguarda l'attuazione in cantiere di quanto stabilito nell'Istruzione per la Protezione dei Cantieri, nel Piano di Sicurezza e Coordinamento/Fascicolo dell'Opera di Progetto Esecutivo e il complesso degli artt. di cui al Titolo IV del decreto stesso) e da tutte le norme vigenti in materia di sicurezza e igiene sul lavoro, comprese le disposizioni regionali.

L' ESECUTORE è tenuto a prevedere, nel contratto con le altre imprese esecutrici, lavoratori autonomi ed altri soggetti terzi coinvolti a vario titolo nella esecuzione dei lavori, cosiddetti "soggetti esecutori" (quali subappalto, fornitura in opera, noli a caldo, ecc.), l'obbligo da parte di questi di osservare le suddette disposizioni.

Per i lavori da eseguire in presenza dell'esercizio ferroviario, l'ESECUTORE deve inoltre attenersi scrupolosamente, oltre che a quanto prescritto dal Contratto, agli elaborati progettuali e alle specifiche/procedure ferroviarie.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI

PARTE II - SEZIONE 1
BONIFICA ORDIGNI BELLICI

1.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
1.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
1.3 DEFINIZIONI
1.4 ABBREVIAZIONI
1.5 PRESCRIZIONI GENERALI
1.6 RIMOZIONE DELLA VEGETAZIONE
1.7 ESPLORAZIONE DEL TERRENO
1.8 SCAVO PER IL RECUPERO DEGLI ORDIGNI BELLICI
1.9 COLLAUDO
1.10 SPECIFICA DI CONTROLLO PER LA BONIFICA DA ORDIGNI BELLICI

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/06/2014	Emissione per Applicazione	D. Magnifico	F. Iacobini	P. Firmi

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

INDICE

1.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE 3
1.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO 3
1.2.1. NORMATIVA NAZIONALE 3
1.2.2. DOCUMENTAZIONE TECNICA DI RIFERIMENTO 3
1.3. DEFINIZIONI 3
1.4. ABBREVIAZIONI 4
1.5. PRESCRIZIONI GENERALI 4
1.5.1. ONERI GENERALI 4
1.5.2. ONERI PER LA SICUREZZA 6
1.6. RIMOZIONE DELLA VEGETAZIONE 6
1.7. ESPLORAZIONE DEL TERRENO 6
1.8. SCAVO PER IL RECUPERO DEGLI ORDIGNI BELLICI 7
1.9. ELIMINAZIONE DEGLI ORDIGNI, SOSTANZE E MATERIALI BELLICI 7
1.10. COLLAUDO 8
1.11. SPECIFICA DI CONTROLLO PER LA BONIFICA DA ORDIGNI BELLICI 8
1.11.1. QUALIFICA DEL PERSONALE E DEI MEZZI 8
1.11.2. CONTROLLI IN CORSO DI ESECUZIONE DELLE BONIFICHE 8

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

1.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione definisce il capitolato generale tecnico di appalto per i lavori di Bonifica Ordigni Bellici (B.O.B.).

Con la dicitura "Bonifica da Ordigni Bellici " si intendono tutte le attività finalizzate alla ricerca, disinnesco e/o rimozione di ordigni bellici di qualsiasi natura dalle aree interessate dai lavori di costruzione oggetto del presente Capitolato.

Per ordigni bellici, indipendentemente dalla terminologia utilizzata nel seguito e in ogni altro documento contrattuale o progettuale, si intendono: mine, bombe, proiettili, ordigni bellici, masse ferrose e residuati esplosivi bellici di qualsiasi natura.

I lavori di bonifica dovranno essere eseguiti nel rispetto delle leggi dello Stato e dei regolamenti militari vigenti, e di quanto prescritto dal presente Capitolato. In caso di conflitto, le prescrizioni e le disposizioni che l'Amministrazione Militare, competente per territorio, riterrà opportuno impartire circa l'esecuzione dei lavori di bonifica, potranno prevalere, con l'accordo della DL, su quelle del presente Capitolato.

1.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

1.2.1. NORMATIVA NAZIONALE

Si richiamano, a titolo non esaustivo, le principali normative relative all'argomento in oggetto:

- R.D. 18/06/31 n° 773 T.U. leggi Pubblica Sicurezza Artt.46 e 52 e s.m.i.;
- R.D. 06/05/40 n° 635 Approvazione del regolamento per l'esecuzione del testo unico del 18/06/31 n° 773, delle leggi di pubblica sicurezza e s.m.i.;
- D.L.L. 12/04/46, n. 320 e s.m.i. - Bonifica dei campi minati
- D.Lgs.09/04/2008 n. 81 e s.m.i. – Testo Unico Sicurezza;
- D. Lgs.15/03/2010 n. 66 - Codice dell'ordinamento militare;
- D. Lgs. 24/02/2012 n 20– Nuovo codice ordinamento militare;
- Legge 01/10/2012 n. 177;
- Circolare del Ministero della Difesa, Prot.M_D/GGEN/E5/20877/21/104/10 in data 07/12/2010;
- Circolare del Ministero degli Interni 300/46 del 24/11/52.

1.2.2. DOCUMENTAZIONE TECNICA DI RIFERIMENTO

- Capitolato a quantità determinate inerenti i lavori di bonifica da mine ed ordigni esplosivi di ogni genere e tipo - Ministero Difesa Esercito - ED. 1984 e s.m.i.

1.3. DEFINIZIONI

Per i termini tecnici, utilizzati nella presente specifica, si riportano di seguito le relative definizioni:

DIRETTORE DEI LAVORI: soggetto che ha la responsabilità del coordinamento e della supervisione dell'attività di tutto l'ufficio di direzione dei lavori, ed interloquisce in via esclusiva con l'esecutore in merito

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

agli aspetti tecnici ed economici del contratto. Cura che i lavori siano eseguiti a regola d'arte ed in conformità al progetto e al contratto.

DIREZIONE LAVORI: ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali;

- **Dirigente Tecnico B.C.M., Assistente Tecnico B.C.M., Rastrellatore B.C.M., Operai qualificati per il servizio B.C.M.**: Tecnici e maestranze impiegate dall'impresa esecutrice dei lavori di bonifica dotati di appositi brevetti con relativa scadenza, come prescritto dal Capitolato a quantità determinate inerenti i lavori di bonifica da mine ed ordigni esplosivi di ogni genere e tipo - Ministero Difesa Esercito - ED. 1984 e s.m.i.

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor ,Contraente Generale)

FERROVIE: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di RFI S.pA. (es. Direzione Lavori, Alta Sorveglianza, ecc.).

LAVORI DI BONIFICA: si intende l'insieme di tutte le azioni da intraprendere per l'eliminazione, mediante asportazione ed allontanamento, oppure la neutralizzazione, mediante brillamento, di tutti gli ordigni bellicidalla zona di bonifica.

ORDIGNI BELLICI: si intendono, salvo eccezioni esplicitamente indicate: mine, bombe, proiettili od altri ordigni bellici in genere, nonchè masse ferrose e residuati bellici di qualsiasi natura.

ZONA DI BONIFICA: si definisce la porzione di territorio topografico in cui sia accertata o presunta la presenza di ordigni bellici e la cui estensione sia planimetrica che nel sottosuolo è definita in accordo con le competenti Autorità Militari.

1.4. ABBREVIAZIONI

B.C.M.: Bonifica campi minati;

B.O.B.: Bonifica ordigni bellici

CEL: coordinatore in materia di sicurezza e di salute durante la realizzazione dell'opera ai sensi del D.Lgs n. 81/2008 (coordinatore per l'esecuzione dei lavori);

DL: Direttore Lavori/Direzione Lavori;

PSC: Piano di sicurezza e coordinamento ai sensi del titolo IV del D.Lgs n. 81/2008;

RFI: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A.

1.5. PRESCRIZIONI GENERALI

1.5.1. ONERI GENERALI

La "Bonifica da Ordigni Bellici", ove prevista, è da intendersi tassativamente propedeutica a qualsiasi altra attività lavorativa e deve essere svolta sulla base di un parere vincolante dell'Autorità Militare competente per territorio in merito alle specifiche regole tecniche da osservare in considerazione della collocazione geografica e della tipologia dei terreni interessati, nonché mediante misure di sorveglianza dei competenti organismi del Ministero della difesa, del Ministero del lavoro e delle politiche sociali e del Ministero della salute.

Le prescrizioni dell'Autorità militare, quando necessario, dovranno essere recepite nel Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC). Le attività di bonifica saranno quindi eseguite in conformità allo stesso PSC e alle previsioni progettuali.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Prima dell'inizio dei lavori di bonifica, quindi, l'ESECUTORE, per il tramite della DL, dovrà richiedere le necessarie autorizzazioni e prescrizioni alla Direzione Generale Militare competente;

La documentazione da sottoporre alla Direzione Generale Militare dovrà comprendere:

- la planimetria delle zone da bonificare;
- la data di inizio e la data di fine lavori prevista;
- l'elenco del personale tecnico specializzato B.C.M. (dirigenti tecnici, assistenti tecnici, rastrellatori, operai qualificati);
- una copia dei brevetti, non scaduti, rilasciati dall'Amministrazione Militare, attestanti l'idoneità di tutto il personale specializzato in riferimento alla qualifica per la quale dovrà essere impiegato;
- l'elenco del personale ausiliario;

Almeno due giorni lavorativi prima dell'inizio delle attività, l'ESECUTORE dovrà comunicare all'Amministrazione Militare:

- l'effettiva data di inizio lavori e la loro durata;
- l'elenco nominativo del personale che sarà effettivamente impiegato; tale elenco dovrà fare riferimento al documento di qualifica (brevetti);
- l'elenco del materiale e delle attrezzature di cui è previsto l'utilizzo. Il dirigente tecnico B.C.M. designato dall'impresa esecutrice, dovrà presenziare alla consegna dei lavori ed al rilascio delle prescrizioni da parte dell'Amministrazione Militare e dovrà controllare la regolarità dell'esecuzione, come prescritto dal Capitolato a quantità determinate inerenti i lavori di bonifica da mine ed ordigni esplosivi di ogni genere e tipo - Ministero Difesa Esercito - ED. 1984 e s.m.i..

Il coordinamento continuativo delle attività, come prescritto dal Capitolato a quantità determinate inerenti i lavori di bonifica da mine ed ordigni esplosivi di ogni genere e tipo - Ministero Difesa Esercito - ED. 1984 e s.m.i., dovrà essere affidato ad un assistente tecnico B.C.M. che dovrà essere presente nell'area di lavoro durante l'intero orario lavorativo di ciascuna giornata e che avrà la responsabilità della custodia e della regolare compilazione dei documenti di cantiere. L'ESECUTORE, nell'esecuzione dei lavori, dovrà attenersi alle disposizioni e precauzioni da osservare per assicurare la continuità e la sicurezza dell'esercizio ferroviario.

Giornalmente all'inizio dell'attività lavorativa, l'ESECUTORE consegnerà alle FERROVIE l'elenco nominativo, con qualifica, del personale effettivamente presente ed operante in cantiere.

Le zone da bonificare dovranno essere opportunamente recintate e segnalate; sarà cura dell'ESECUTORE richiedere l'intervento delle autorità preposte per i provvedimenti da adottare per la disciplina del transito nelle zone interessate dai lavori di bonifica.

Tutti i residuati bellici, di qualsiasi natura, rinvenuti appartengono e dovranno essere consegnati alla Amministrazione Militare.

Nel caso di lavori da eseguire su fondale marino, lacustre, alveo di fiume o comunque in presenza d'acqua, l'ESECUTORE dovrà adeguare le attrezzature di ricerca e di servizio alla particolare tipologia dei luoghi.

Tutto il materiale proveniente dal taglio della vegetazione, l'eventuale materiale di risulta proveniente dall'esecuzione delle attività di BOB, i trovanti, etc., dovrà essere gestito in qualità di rifiuto ai sensi della normativa ambientale vigente e conferito ad idoneo impianto di recupero/smaltimento autorizzato che se non già previsto in progetto, dovrà essere individuato dall'ESECUTORE, che dovrà anche ottenerne la disponibilità per i quantitativi previsti, previa anticipata comunicazione alle FERROVIE.

A conclusione dei lavori, l'ESECUTORE dovrà fornire all'Amministrazione Militare competente:

- l'elenco degli ordigni rinvenuti nel corso dei lavori;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- la planimetria indicante le zone bonificate;
- la "Dichiarazione a Garanzia" di avvenuta bonifica.

L'ESECUTORE, alla fine dei lavori dovrà rilasciare a FERROVIE i certificati di collaudo e le attestazioni indicanti la corretta esecuzione dei lavori di Bonifica dopo averli richiesti a propria cura e spese alle Autorità Militari competenti.

1.5.2. ONERI PER LA SICUREZZA

I lavori dovranno essere eseguiti con tutte le prescrizioni intese a evitare danni alle persone e alle cose, osservando, a tale scopo, le particolari norme tecniche specificate dall'Amministrazione Militare competente, nonché le vigenti prescrizioni di Pubblica Sicurezza per il maneggio l'uso, il trasporto e la conservazione degli bellici , ed in particolare gli articoli 46 e 52 del Testo Unico delle leggi di Pubblica Sicurezza ed il relativo regolamento esecutivo del 18 Giugno 1931 n. 773 e leggi successive.

L'ESECUTORE, prima dell'inizio dei lavori, dovrà dare evidenza di aver ottemperato a quanto prescritto dalle leggi vigenti. La constatazione di quanto attuato e l'autorizzazione all'inizio lavori non esonera l'Esecutore dalla propria responsabilità sull'andamento dei lavori.

In considerazione del fatto che i suddetti lavori di bonifica tendono a tutelare la pubblica incolumità e la sicurezza della circolazione dei treni, i lavori stessi saranno eseguiti in conformità della Circolare numero 300/46 del 24 Novembre 1952 del Ministero degli Interni.

Le fasi di lavoro da svolgere per effettuare la bonifica sono le seguenti:

- Rimozione della vegetazione;
- Esplorazione del terreno;
- Scavo per il recupero degli ordigni bellici;
- Rimozione degli ordigni bellici;
- Eventuale ritombamento al termine delle attività.

1.6. RIMOZIONE DELLA VEGETAZIONE

Ove necessario, prima di procedere alla ricerca degli ordigni bellici, si dovrà procedere alla rimozione della vegetazione.

Il taglio della vegetazione dovrà essere eseguito in tutte quelle zone ove la presenza della stessa ostacoli l'uso dell'apparecchio cercamine e sarà effettuato da operai qualificati B.C.M. sotto il controllo di un rastrellatore.

Nel tagliare la vegetazione non dovranno essere esercitate pressioni sul terreno da bonificare e dovranno essere rispettate tutte le eventuali piante di alto fusto e tutte le "matricine" da lasciare in zona, salvo diverse disposizioni.

Il materiale di risulta verrà accatastato in zona già bonificata e successivamente gestito in qualità di rifiuto come indicato al Par.1.5.1 , "ONERI GENERALI".

1.7. ESPLORAZIONE DEL TERRENO

La ricerca degli ordigni bellici dovrà essere effettuata con l'impiego di idonei apparecchi cercamine.

Il terreno da esplorare dovrà essere convenientemente frazionata in modo da avere la massima garanzia di completezza dell'esplorazione.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Le modalità di ricerca dovranno essere conformi alle prescrizioni in materia emanate dalla Amministrazione Militare e dovranno essere concordate con l'Autorità territorialmente competente.

L'attività di ricerca sarà suddivisa nelle seguenti tre fasi:

- esplorazione del piano soggetto a bonifica, nella sua consistenza al momento dell'esecuzione dei lavori, fino ad almeno cm 30 di profondità, con cercamine selettivo tipo S.C.R. 625;
- esplorazione del piano soggetto a bonifica con cercamine tipo Forster per la ricerca e localizzazione di masse ferrose fino alla profondità di almeno cm 100;
- esplorazione e localizzazione in profondità eseguita per strati successivi, non superiori a 1 metro, previa bonifica dello strato da sbancare, o mediante esecuzioni di perforazioni verticali con l'impiego di apposito apparecchio di ricerca.

La ricerca con cercamine selettivo fino a 30 cm dovrà essere eseguito solo specificatamente richiesta dall'Amministrazione Militare; in caso contrario l'esplorazione sarà iniziata con il cercamine tipo Forster.

La ricerca in profondità dovrà essere eseguita quando richiesta dai documenti di progetto e/o dall'Amministrazione Militare.

La ricerca in profondità dovrà essere eseguita in stretto accordo alle modalità prescritte dall'Amministrazione Militare ed in ogni caso potrà avere inizio soltanto dopo che le masse ferrose localizzate con le precedenti fasi siano state rimosse.

Tutte le masse ferrose localizzate nel corso dell'esplorazione, ove non fossero subito rimosse, dovranno essere identificate in sito mediante idonee ed evidenti segnalazioni ed essere riportate su una planimetria indicando le coordinate planimetriche e la profondità rispetto al piano di campagna. Tale planimetria sarà utilizzata per la successiva fase di recupero.

1.8. SCAVO PER IL RECUPERO DEGLI ORDIGNI BELLICI

Gli scavi finalizzati al recupero delle masse ferrose individuate con le fasi di ricerca superficiale dovranno essere effettuati esclusivamente a mano con precauzione ed attrezzature adeguate alla particolarità ed ai rischi della operazione.

Gli scavi finalizzati al recupero delle masse ferrose profonde potranno essere effettuati con mezzi meccanici con azionamento oleodinamico fino ad una quota un metro più elevata di quella della massa ferrosa da rimuovere (e comunque per strati non superiori a 70/80 cm per volta), la restante parte dello scavo dovrà essere eseguita a mano. Gli scavi di sbancamento di strati già bonificati, per effettuazione di ricerche a strati successivi, previa approvazione dell'Amministrazione Militare, potranno essere eseguiti con mezzi meccanici.

Tutti gli scavi dovranno essere effettuati sotto la sorveglianza di un assistente tecnico B.C.M. o di un rastrellatore B.C.M..

Ove necessario l'ESECUTORE dovrà provvedere a sbatacchiare od armare le pareti degli scavi e dovrà altresì provvedere all'aggottamento e/o regolamentazione delle acque meteoriche o di falda.

Tutte le aree scavate, al termine della bonifica, dovranno essere convenientemente rinterrate, con materiale proveniente dagli scavi o di fornitura dell'ESECUTORE, per ripristinare il preesistente stato dei luoghi.

1.9. ELIMINAZIONE DEGLI ORDIGNI, SOSTANZE E MATERIALI BELLICI

Tutte le masse ferrose e gli ordigni bellici localizzati dovranno essere messi a nudo con le opportune cautele.

Il riconoscimento dei reperti dovrà essere effettuato da un tecnico B.C.M. e dovrà essere certificato da un suo

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

rapporto firmato. L'esito del riconoscimento sarà annotato su apposito registro a tal scopo predisposto.

I reperti riconosciuti dal tecnico B.C.M. incaricato come perfettamente noti e non pericolosi, dovranno essere rimossi ed accantonati in area sicura, adottando tutti i provvedimenti previsti dal punto F del "Capitolato a quantità determinate inerenti i lavori di bonifica da mine ed ordigni bellici di ogni genere e tipo" del Ministero della Difesa.

In caso di rinvenimento di ordigni bellici, dovrà essere data comunicazione tempestiva, per mezzo di lettera di notifica, all'Amministrazione Militare, all'Arma dei Carabinieri e alle FERROVIE. L'avvenuta comunicazione sarà riportata sull'apposito registro.

I tecnici B.C.M. dell'ESECUTORE potranno procedere al brillamento in loco degli ordigni rinvenuti, solo se tale attività sia stata appositamente autorizzata e delegata all'ESECUTORE dall'Amministrazione Militare, e solo tramite il personale predisposto al brillamento, appositamente autorizzato dalla stessa Autorità Militare.

A operazioni di brillamento terminate, dovrà essere certificata l'avvenuta distruzione o comunque la neutralizzazione dell'ordigno bellico da parte del Dirigente tecnico B.C.M. . La certificazione della distruzione sarà fatta comunque, anche se il brillamento è stato eseguito a cura dell'Autorità Militare.

1.10. COLLAUDO

Il collaudo dei lavori di bonifica, verrà eseguito secondo le modalità prescritte dall'Amministrazione Militare.

Resta inteso che al collaudo tecnico procederà l'Amministrazione Militare, dietro richiesta dell'Esecutore che è tenuto ad informare la DL dell'avvenuta richiesta entro un mese dalla data di ultimazione dei lavori.

1.11. SPECIFICA DI CONTROLLO PER LA BONIFICA DA ORDIGNI BELLICI

1.11.1. QUALIFICA DEL PERSONALE E DEI MEZZI

1.11.1.1. Personale

Il personale adibito a mansioni che implichino particolari specializzazioni, dovrà essere in possesso delle relative patenti o brevetti di specializzazione, riconosciuti dalla legge e/o dall'Amministrazione Militare, non scaduti.

1.11.1.2. Mezzi di trasporto

Tutti i mezzi adibiti al trasporto di ordigni bellici dovranno essere dotati di relativo e regolare permesso e coperti da adeguate assicurazioni.

1.11.1.3. Attrezzature

Le apparecchiature di rilevamento di masse metalliche dovranno essere, salvo diverse prescrizioni dall'Amministrazione Militare, dei tipi:

- Cercamine selettivo di tipo S.C.R. 625 o similare, per esplorazione fino a 30 cm. di profondità;
- Cercamine tipo Forster per esplorazione fino a 100 cm. di profondità.

1.11.2. CONTROLLI IN CORSO DI ESECUZIONE DELLE BONIFICHE

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

1.11.2.1. Notifiche e autorizzazioni

Prima dell'inizio dei lavori, deve essere verificato che la richiesta di autorizzazione sia stata inoltrata alla Direzione Genio Militare territorialmente competente e che la richiesta stessa contenga tutti gli elementi indicati al par.1.5.1 "Oneri generali".

1.11.2.2. Attività preliminari

Per poter iniziare i lavori è necessario che sia verificato che:

- esista l'autorizzazione da parte dell'Amministrazione Militare Competente;
- i lavori siano effettuati in accordo a quanto prescritto dalle Autorità Militari;
- sia stato designato e notificato alla FERROVIE il Dirigente Tecnico B.C.M. e che lo stesso sia presente all'atto della consegna dei lavori e al rilascio delle prescrizioni;
- la comunicazione di cui al par.1.5.1 "Oneri generali" all'Amministrazione Militare sia avvenuta con almeno 2 giorni di anticipo rispetto alla data di inizio dei lavori;
- nella zona di bonifica sia stata sospesa ogni altra attività lavorativa di qualsiasi genere, e che sia stata completamente evacuata da persone e mezzi;
- la zona di bonifica sia stata recintata;
- siano predisposte le aree di stoccaggio provvisorio per gli ordigni bellici eventualmente rinvenuti, e che siano situate in zone sicure e costantemente presidiate da personale qualificato.

1.11.2.3. Verifiche in corso d'opera

1.11.2.3.1. Controlli generali

Giornalmente e per tutta la durata dei lavori si dovrà accertare che sia stato designato e sia continuativamente presente in cantiere, durante tutto l'arco della giornata lavorativa un assistente tecnico B.C.M., in qualità di coordinatore delle attività.

1.11.2.3.2. Esplorazione del terreno

In questa fase si dovranno eseguire i seguenti controlli:

- ispezione della zona di bonifica per accertare che sia stata opportunamente frazionata;
- nel caso di bonifica in profondità per strati successivi prima di procedere allo sbancamento degli strati sovrastanti si dovrà accertare la loro avvenuta bonifica.

La bonifica di ogni strato dovrà essere certificata dal Dirigente Tecnico e annotata su apposito registro a tal scopo predisposto.

Nel caso di rinvenimento di masse ferrose, la posizione di queste dovrà essere correttamente indicate sulla carta topografica e sul terreno con evidenti ed inconfondibili segnali.

1.11.2.3.3. Scavo per il recupero di ordigni bellici

Si dovrà accertare che per gli scavi da eseguire con l'impiego di mezzi meccanici, sia disponibile la preventiva autorizzazione delle Autorità Militari.

1.11.2.3.4. Rimozione degli ordigni bellici

In questa fase si dovrà controllare:

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- Che il riconoscimento degli ordigni bellici rinvenuti, effettuato da parte di un tecnico B.C.M., sia certificato da un suo rapporto firmato. L'esito del riconoscimento sarà annotato su apposito registro a tal scopo predisposto.
- nel caso di rinvenimento di ordigni bellici, che avvenga la comunicazione tempestiva, per mezzo di lettere di notifica, all'Amministrazione Militare, all'Arma dei Carabinieri e alle FERROVIE. L'avvenuta comunicazione sarà riportata sull'apposito registro.

Tutte le masse ferrose e gli ordigni bellici localizzati dovranno essere messi a nudo con le opportune cautele e, se perfettamente noti e non pericolosi, dovranno essere rimossi ed accantonati in area sicura adottando tutti i provvedimenti previsti dal punto F del "Capitolato a quantità determinate inerenti i lavori di bonifica da mine ed ordigni bellici di ogni genere e tipo" del Ministero della Difesa.

Nel caso si effettui il brillamento in loco degli ordigni rinvenuti, e tale operazione sia eseguita, ove autorizzato dall'Amministrazione Militare, dai tecnici B.C.M. dall'ESECUTORE, si dovrà accertare che:

- esista la delega a procedere da parte delle Autorità Militari competenti per zona;.
- il personale predisposto al brillamento sia tutto provvisto di autorizzazione e sia quello prescritto dalle Autorità Militari;
- a operazioni di brillamento terminate sia certificata l'avvenuta distruzione o comunque la neutralizzazione dell'ordigno bellico da parte del Dirigente tecnico B.C.M.; la certificazione della distruzione sarà fatta comunque, anche se il brillamento è stato eseguito a cura delle Autorità Militari e sarà annotato sul registro a tal scopo predisposto.

1.11.2.4. Termine dei lavori di bonifica

L'ESECUTORE dovrà annotare su apposito registro l'avvenuta trasmissione dei seguenti documenti e dati all'Amministrazione Militare e contestualmente alle FERROVIE:

- la data di fine lavori;
- la planimetria indicante le zone bonificate;
- l'elenco degli ordigni rinvenuti;
- la dichiarazione di completamento delle operazioni di bonifica ("Dichiarazione di Garanzia"), firmata dal Dirigente Tecnico che ha diretto i lavori e dal legale rappresentante dell'impresa esecutrice.

1.11.2.5. Pulizia della zona di bonifica, ripristino dei luoghi e gestione dei materiali di risulta

Le zone di bonifica saranno oggetto di pulizia e saranno ripristinate al termine delle operazioni mediante l'eventuale ritombamento del materiale precedentemente rimosso;il materiale di risulta eventualmente prodotto verrà gestito in qualità di rifiuto secondo quanto disposto nei precedenti punti del presente documento e ai sensi della normativa ambientale vigente.

1.11.2.6. Registrazione del collaudo finale della bonifica

Si riporterà sull'apposito registro l'avvenuto collaudo da parte dell'Amministrazione Militare, con la presenza e controfirma di un Collaudatore incaricato da FERROVIE.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI

PARTE II - SEZIONE 2
RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI

2.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
2.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
2.3. DEFINIZIONI
2.4. ABBREVIAZIONI
2.5. ONERI GENERALI
2.6. RETI
2.7. POLIGONALI
2.8. LIVELLAZIONI
2.9. RILIEVI
2.10. RILIEVI TOPOGRAFICI PER VERIFICHE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA DI MANUFATTI FERROVIARI

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/06/2014	Emissione per Applicazione	A. Zammuto	F. Iacobini	P. Fimmi

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

INDICE

2.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE 5
2.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO 5
2.2.1 NORMATIVA NAZIONALE 5
2.3 DEFINIZIONI 5
2.4 ABBREVIAZIONI 6
2.5 ONERI GENERALI 6
2.5.1 ONERI GENERALI PER RILIEVI IN CORSO DI ESECUZIONE DEI LAVORI 7
2.5.2 SQUADRA TOPOGRAFICA 7
2.5.3 STRUMENTAZIONE 8
2.5.4 VERTICI 10
2.5.4.1 Capisaldi 10
2.5.4.1.1. Pilastrini di tipo A 10
2.5.4.1.2. Pilastrini di tipo B 10
2.5.4.1.3. Centrini metallici 10
2.5.4.1.4. Chiodi 10
2.5.4.2 Punti di stazione 11
2.5.5 CONTROLLI 11
2.6 RETI 12
2.6.1 RETE DI INQUADRAMENTO 12
2.6.1.1 Scelta e controllo dei vertici 12
2.6.1.2 Determinazione di nuovi punti 12
2.6.2 RETE DI RAFFITTIMENTO 13
2.6.3 RETE GPS DI INQUADRAMENTO E RAFFITTIMENTO 14
2.6.3.1 Scelta dei vertici 14
2.6.3.2 Coordinate rettilinee 15
2.6.4 MONOGRAFIE 16
2.6.5 DOCUMENTAZIONE TOPOGRAFICA 16
2.7 POLIGONALI 17
2.7.1 POLIGONALI DI PRECISIONE PLANOALTIMETRICHE A LATI LUNGHI 17
2.7.2 POLIGONALE PLANIMETRICA A LATI CORTI 18
2.7.3 POLIGONALI DI PRECISIONE 19
2.7.3.1 Scelta dei vertici di partenza e controllo della conformità degli stessi 19
2.7.3.2 Azimut di direzione e orientamento iniziale 20
2.7.3.3 Modalità di lettura strumentale e tolleranze 20
2.7.3.4 Compensazione ed elaborazione dati 20

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

2.7.4 POLIGONALI SECONDARIE 20
2.7.4.1 Scelta dei vertici di partenza e controllo della conformità degli stessi 20
2.7.4.2 Azimut di direzione e orientamento iniziale 21
2.7.4.3 Modalità di lettura strumentale e tolleranze 21
2.7.4.4 Compensazione ed elaborazione dati 21
2.7.4.5 Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi 21
2.7.4.6 Documentazione topografica 22

2.8 LIVELLAZIONI 22

2.8.1 LIVELLAZIONI DI PRECISIONE 23
2.8.1.1 Scelta dei capisaldi di partenza e controllo conformità degli stessi 23
2.8.1.2 Scelta della strumentazione 23
2.8.1.3 Modalità di lettura strumentale e tolleranza 23
2.8.1.4 Compensazione ed elaborazione dati 24
2.8.1.5 Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi di livellazione 24
2.8.1.6 Documentazione topografica 24

2.8.2 LIVELLAZIONI TECNICHE 25
2.8.2.1 Scelta dei capisaldi di partenza e controllo conformità degli stessi 25
2.8.2.2 Scelta della strumentazione 25
2.8.2.3 Modalità di lettura strumentale e tolleranze 26
2.8.2.4 Compensazione di elaborazione dati 26
2.8.2.5 Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi 26
2.8.2.6 Documentazione topografica 26

2.9 RILIEVI 27

2.9.1 RILIEVI CELERIMETRICI DI DETTAGLIO 27
2.9.1.1 Scelta dei capisaldi di partenza e controllo della conformità degli stessi 27
2.9.1.2 Orientamento iniziale 27
2.9.1.3 Scelta della strumentazione 27
2.9.1.4 Modalità di lettura strumentale e tolleranze, registrazione delle misure, elaborazione dati 28
2.9.1.5 Tolleranze ed elaborazione dati 28

2.9.2 RILIEVO DELLE SEZIONI TRASVERSALI 29
2.9.2.1 Rilievo e disegno di sezioni trasversali rispetto all'asse di progetto o esistente. 29
2.9.2.2 Documentazione topografica 30

2.9.3 TRACCIAMENTI PLANOALTIMETRICI 30
2.9.3.1 Scelta dei capisaldi di partenza e controllo della conformità degli stessi 30
2.9.3.2 Orientamento iniziale 30
2.9.3.3 Scelta della strumentazione 30
2.9.3.4 Calcolo dei valori di tracciamento 31
2.9.3.5 Modalità di tracciamento 31
2.9.3.6 Tolleranze 31
2.9.3.7 Documentazione topografica 31

2.10 RILIEVI TOPOGRAFICI PER VERIFICHE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA DI MANUFATTI FERROVIARI 32

2.10.1 TRILATERAZIONE CON METODO GPS E MISURA GPS SU DUE NUOVI VERTICI DA MATERIALIZZARE. 33
2.10.1.1 Misura di tre vertici IGM95 e di una coppia di nuovi vertici all'interno del triangolo 33
2.10.1.2 Elaborazione delle misure. 34

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

2.10.2 SEZIONI TRASVERSALI DEL CORSO D'ACQUA.....35

2.10.3 RILIEVO PLANO-ALTIMETRICO PER VERIFICHE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA DI MANUFATTI FERROVIARI.....36

2.10.4 RILIEVO GEOMETRICO DI UN MANUFATTO DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO.....37

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

2.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione di Capitolato ha lo scopo di descrivere e standardizzare le fondamentali operazioni topografiche svolte per:

- rete di inquadramento e raffittimento
- poligonali
- livellazione di precisione
- livellazioni tecniche
- rilievi planoaltimetrici
- rilievo delle sezioni trasversali
- tracciati planoaltimetrici.

La presente sezione si applica alle operazioni topografiche necessarie alla realizzazione delle opere di vario genere, all'esecuzione di rilievi planoaltimetrici ed al posizionamento di opere d'arte.

2.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

2.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- D.P.R. 06 giugno 2001, n. 380 "Testo unico per l'edilizia"
- D.Lgs. 12 aprile 2006, n. 163 "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE"
- D.Lgs. 09 aprile 2008, n. 81 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro"
- D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare 02 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008"
- D.P.R. 05 ottobre 2010, n. 207 "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE"

2.3 DEFINIZIONI

CONTRATTO: contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l'acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l'esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla stazione appaltante;

Direzione lavori: ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali;

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Generale);

FERROVIE: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (Direzione Lavori, Alta sorveglianza)

2.4 ABBREVIAZIONI

ASCII: American Standard Code for Information Interchange (Codice Standard Americano per lo scambio di informazioni)

Cls: calcestruzzo

CTR: Carta Tecnica Regionale

GDOP: Geometrical Dilution of Precision (Diluizione geometrica di precisione)

GPS: Global Positioning System (Sistema di posizionamento globale)

I.G.M.: Istituto Geografico Militare Italiano;

I.I.M.: Istituto Idrografico Marina

L.E.C.: Libretto Elettronico di Campagna

PDOP: Point of Dilution of Precision (Punto di diluizione di precisione)

p.p.m.: parti per milione

TA: Tolleranza altimetrica

TP: Tolleranza planimetrica

UTM: Universal Transverse of Mercator (Proiezione universale trasversa di Mercatore)

RFI: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A.

WGS84: World Geodetic System 1984 (Sistema di coordinate geografiche geodetico basato su un ellissoide di riferimento elaborato nel 1984)

2.5 ONERI GENERALI

Nello svolgimento delle attività l'ESECUTORE potrà eseguire contemporaneamente più operazioni fra quelle indicate, scelte secondo le necessità operative ed i criteri di buona esecuzione, comunque espletate nel rispetto delle tolleranze di seguito descritte. Quindi le operazioni di rilievo e tracciamento dovranno essere supportate da livellazioni di precisione e/o tecniche e da poligonali planimetriche di precisione.

Resta inteso che l'ESECUTORE per particolari operazioni dettate dall'aspetto esecutivo delle varie opere, quali ad esempio conduzione delle frese con laser o distanziometri elettronici motorizzati intrecciati con opportuni software, valutazione dei cedimenti delle centine, seppur fondamentalmente legate alle tolleranze ed alle modalità operative delle operazioni di seguito descritte, dovrà valutarle di caso in caso e supportarle mediante redazione di specifica documentazione da sottoporre all'approvazione di FERROVIE.

L'ESECUTORE dovrà provvedere a sua cura e spese alle eventuali occupazioni temporanee di proprietà di terzi, conseguenti ai lavori previsti, nonché ai risarcimenti di qualsiasi natura per danni o pregiudizio alla proprietà di terzi o delle FERROVIE, derivanti dalle operazioni oggetto del presente Capitolato.

Tutto il materiale topografico, cartografico e monografico, relativo ai rilievi del terreno, compresi i disegni originali, resterà di piena ed assoluta proprietà di FERROVIE.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

I lavori di rilievo topografico potranno avere come oggetto l'esecuzione di prestazioni di singole categorie oppure essere finalizzati alla realizzazione di cartografie, in questo ultimo caso procederanno per fasi e nessuna fase successiva potrà essere iniziata prima del completamento dei lavori di quella precedente.

E' fatto obbligo all'ESECUTORE di notificare a FERROVIE, con almeno quindici giorni di anticipo, la data presunta di ultimazione dei lavori per consentire a FERROVIE di effettuare i controlli che riterrà opportuni. Resta inteso che gli eventuali controlli eseguiti nelle fasi intermedie non impegnano FERROVIE ai fini dei controlli finali previsti nell'ultima fase dei lavori.

L'ESECUTORE è anche tenuto a comunicare, almeno 15 giorni prima dell'inizio delle operazioni di campagna, l'esatto recapito della Squadra operativa, nonché la data di inizio e quella, presumibile, di fine delle operazioni stesse.

2.5.1 ONERI GENERALI PER RILIEVI IN CORSO DI ESECUZIONE DEI LAVORI

Sarà cura dell'ESECUTORE, se non diversamente prescritto:

- Provvedere a quanto necessario affinché tutte le operazioni di rilievo siano eseguite avvalendosi di un'unica rete di capisaldi in tutte le fasi di realizzazione del progetto (indagini, ingegneria, costruzioni, controlli).
- Provvedere a quanto necessario onde evitare manomissioni del reticolo di capisaldi. Nel caso in cui, per esigenze connesse ai lavori od in conseguenza di avvenimenti di qualsiasi natura (anche non dipendenti dall'ESECUTORE), il reticolo (o singoli capisaldi) risultassero manomessi, sarà onere dell'ESECUTORE provvedere ai necessari ripristini.
- Provvedere alla installazione delle modine necessarie a definire con la massima precisione il profilo delle scarpate di scavi e rilevati.
- Mettere a disposizione di FERROVIE la documentazione, la strumentazione e il personale tecnico e ausiliario necessari per la effettuazione dei rilievi che la stessa ritenesse opportuni per eventuali controlli in fase di costruzione.
- Prima di iniziare i lavori di sterro e riporto eseguire la picchettazione completa del lavoro, e nel caso in cui ai lavori in terra siano connesse opere murarie o in calcestruzzo, dovrà procedere al tracciamento di esse con l'obbligo della conservazione, in entrambi i casi, dei capisaldi di partenza.
- Detti capisaldi dovranno essere correlati con la rete geodetica nazionale GPS IGM 95, secondo le modalità riportate al successivo paragrafo 2.6.1 e con quella utilizzata per la redazione della cartografia; tali capisaldi dovranno altresì coincidere (a meno delle necessarie integrazioni) con quelli utilizzati all'atto della campagna geognostico-geotecnica.
- Elaborare, gestire specifiche documentazioni di controllo delle attività topografiche, a cui allegare tutta la certificazione emessa nell'espletazione dei controlli stessi. Tale documentazione dovrà essere archiviata a cura dell'ESECUTORE in modo che ne sia garantita la tracciabilità.

2.5.2 SQUADRA TOPOGRAFICA

L'ESECUTORE dovrà individuare specifiche squadre topografiche a cui affidare le attività topografiche necessarie per la realizzazione delle opere. Per ogni squadra topografica dovrà nominare un responsabile delle attività topografiche (Topografo Senior) e i suoi collaboratori (Topografi Senior e Junior canneggiatore) secondo le esigenze delle specifiche attività.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

L'ESECUTORE dovrà utilizzare personale specializzato per l'uso della strumentazione topografica e per lo sviluppo sul terreno dei lavori topografici; tale personale sarà organizzato in squadre, secondo la composizione minima sotto indicata e dovrà possedere i seguenti requisiti, di cui sarà data adeguata certificazione:

- Topografo senior
  - Titolo di studio minimo: Geometra o equivalente;
  - Esperienza lavorativa: 5 anni;
  - Conoscenza e padronanza degli strumenti impiegati;
  - Conoscenza specifica della normativa I.G.M. e della documentazione contrattuale
  - Conoscenza specifica dei metodi di calcolo
- Topografo junior
  - Titolo di studio minimo: Geometra o equivalente;
  - Esperienza lavorativa: 2 anni;
  - Conoscenza e padronanza degli strumenti impiegati;
  - Conoscenza della normativa I.G.M. e della documentazione contrattuale
  - Conoscenza dei metodi di calcolo

L'ESECUTORE dovrà documentare i suddetti requisiti mediante un curriculum dettagliato riportante le esperienze specifiche, in riferimento alla strumentazione utilizzata.

Le certificazioni saranno emesse una sola volta per ogni singolo addetto, che le conserverà unitamente al documento di riconoscimento.

Prima di effettuare qualsiasi operazione di rilevazione e/o tracciamento l'ESECUTORE dovrà controllare l'idoneità di ogni singolo addetto e che la composizione delle squadre, in relazione anche alla strumentazione impiegata, rispetti i minimi di seguito riportati:

- Squadra topografica per poligonali e livellazioni
  - n°1 Topografico Senior
  - n°2 Topografi junior canneggiatori
- Squadra topografica per rilievi e tracciati planoaltimetrici
  - n° 1Topografico Senior
  - n°1 Topografo junior canneggiatore.

2.5.3 STRUMENTAZIONE

Lo stato di rettifica di tutte le apparecchiature impiegate, sia per i rilievi di campagna che per la restituzione, dovrà essere controllato prima dell'inizio effettivo dei lavori. FERROVIE si riserva la facoltà di richiedere la verifica delle apparecchiature anche in corso d'opera.

I rilievi angolari dovranno essere eseguiti con teodolite di precisione tale da consentire una lettura diretta di almeno due secondi centesimali; quelli lineari con distanziometro elettronico o tellurometro aventi una precisione, indipendentemente dalla distanza misurata, non inferiore a $\pm$ 5 mm+10 x 10^{-6} x D - E.q.m.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

(errore quadratico medio). L'uso di apparecchi aventi precisione diversa da quella prescritta dovrà essere preventivamente autorizzata da FERROVIE. In alternativa l'ESECUTORE potrà usare le "total station" o strumentazioni GPS ultima generazione che forniscano risultati comparabili alla strumentazione precedente.

Per tutti i calcoli topografici i valori delle funzioni trigonometriche avranno un adeguato numero di cifre decimali in modo che, in qualsiasi maniera si sviluppino i calcoli, i risultati parziali e finali garantiscano sempre uguale la terza cifra decimale per le misure lineari (espresse in metri) e la quarta cifra decimale per le misure angolari (espresse in gradi centesimali).

Per le relative livellazioni geometriche di precisione saranno utilizzati livelli di precisione muniti di lamina pian parallela o ottica elettronica con registrazione dei dati.

A parità di prestazioni, sono da preferire gli strumenti dotati di indice (o di compensatore) verticale automatico e di sistema di lettura diametrale al cerchio orizzontale. Qualora si intendano eseguire i calcoli tramite procedure informatizzate, sono da preferire i sistemi automatici di registrazione dei dati, quale sistema integrativo degli usuali quaderni di campagna ove riportare le letture effettuate.

La strumentazione dovrà essere verificata prima dell'inizio delle operazioni di tracciamento. FERROVIE potrà chiedere in ogni momento la presentazione dei certificati di taratura della strumentazione.

L'ESECUTORE avrà inoltre cura di predisporre un adeguato numero di libretti di misura, che dovranno essere autenticati e vidimati da FERROVIE, numerando progressivamente le pagine e i libretti stessi.

Sui libretti, riempiti senza pagine bianche, i dati dovranno essere riportati in maniera indelebile e senza cancellazioni invisibili.

In alternativa, per i lavori non contabilizzati a misura, potranno essere redatti verbali giornalieri di campagna, eventualmente integrati dalle stampe emesse dagli strumenti elettronici, in cui saranno annotate almeno le seguenti informazioni:

- nome e qualifica degli operatori impiegati
- data
- ora di inizio e fine delle operazioni
- tipo e numero di matricola degli strumenti impiegati
- altezza dello strumento
- condizioni meteorologiche e temperatura

Dopo ogni messa in stazione l'ESECUTORE controllerà inoltre:

- che il punto di stazione sia stato materializzato sul terreno in conformità a quanto prescritto al successivo paragrafo 2.5.4 VERTICI;
- che lo strumento sia stato posizionato correttamente;
- che l'altezza dello strumento sia stata determinata con la massima cura e riportata correttamente sul libretto di misura o sul verbale di campagna;
- che le rilevazioni e le letture avvengano secondo le metodologie e le tolleranze indicate nel presente documento, per il tipo di rilevazione effettuata.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

2.5.4 VERTICI

2.5.4.1 Capisaldi

I nuovi vertici della rete di inquadramento, i vertici della rete di raffittimento, delle poligonali e i capisaldi delle livellazioni saranno materializzati secondo una delle seguenti modalità.

2.5.4.1.1. Pilastrini di tipo A

Pilastrini di calcestruzzo eseguiti in opera di sezione di cm 40 x 40 fondati direttamente nel terreno a profondità non inferiore a cm 80, completi di centrini metallici a testa sferica murati e con numerazione realizzata con una serie di chiodi infissi nel calcestruzzo.

2.5.4.1.2. Pilastrini di tipo B

Pilastrini di calcestruzzo eseguiti in opera di sezione di cm 30 x 30 fondati direttamente nel terreno a profondità non inferiore a cm 40 completi di centrini metallici a testa sferica murati e con numerazione realizzata con una serie di chiodi infissi nel calcestruzzo.

I pilastrini, sia di tipo A sia di tipo B, devono essere realizzati in conglomerato cementizio della classe di resistenza caratteristica 30 o 35 con la faccia superiore convessa e lisciata previa spolveratura di cemento assoluto. Di norma i centrini metallici devono essere posti in opera al momento del getto di calcestruzzo. I centrini metallici devono essere realizzati in metallo (o lega metallica) resistente alla corrosione e porteranno incisi sulla base la scritta: "Rete Ferroviaria Italiana", l'anno di apposizione e il numero progressivo del vertice o caposaldo. E' obbligatorio l'uso dei pilastrini in calcestruzzo quando i vertici da materializzare ricadono in terreno libero e in tutti quei casi in cui manchino manufatti ben stabili.

FERROVIE indicherà quali vertici dovranno essere materializzati con pilastrini di tipo A e quali con pilastrini di tipo B.

2.5.4.1.3. Centrini metallici

Centrini metallici a testa sferica murati su manufatti esistenti o su roccia con numerazione incisa sulla parte metallica. I centrini metallici devono essere stabilmente murati su manufatti esistenti con malta di cemento composta da kg 600 di cemento tipo 425 per metro cubo di sabbia lavata e vagliata, scevra da materie micacee con superiore spolveratura di cemento assoluto e lisciatura. I centrini metallici devono essere in metallo (o lega metallica) anticorrosivo e porteranno incisi sulla base la scritta: Rete Ferroviaria Italiana, l'anno di apposizione e il numero progressivo del vertice o caposaldo. Non è consentito l'uso dei centrini metallici in tutti quei casi in cui manchino manufatti ben stabili.

2.5.4.1.4. Chiodi

Chiodi sparati su manufatti esistenti in calcestruzzo. I chiodi sparati, di norma, devono essere utilizzati per materializzare punti che non hanno carattere di stabilità e necessità di lunga conservazione. Il ricorso ai chiodi sparati è consentito per la materializzazione di punti soltanto su manufatti in conglomerato cementizio, semplice o armato, che non presentino fenomeni di degrado, previa autorizzazione di FERROVIE. I chiodi devono essere di acciaio con sezione minima di 5 mm e lunghezza 50 mm a testa piatta o filettata a richiesta di FERROVIE. La numerazione, in questo caso, andrà eseguita su rondella di adeguato diametro che sarà bloccata simultaneamente insieme al chiodo. La rondella dovrà trovarsi tra la testa del chiodo e il manufatto.

Tutti i punti, comunque materializzati, devono essere evidenziati e segnalati con frecce e cerchiature mediante vernice di colore intenso.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

2.5.4.2 Punti di stazione

Nell'esecuzione di sezioni trasversali dell'infrastruttura ferroviaria, di rilievi planoaltimetrici del terreno o di rilievi di opere d'arte o manufatti, L'ESECUTORE dovrà scegliere i punti su cui stazionare con la strumentazione topografica di rilievo in modo tale da:

- poterne definire le coordinate plano-altimetriche;
- evitare "zone d'ombra" per il terreno o il manufatto da rilevare;
- garantire stabilità nel tempo alle apparecchiature topografiche di misura;
- garantire che siano reciprocamente visibili, se più di uno, e a distanza al massimo pari a 300 m.

Qualora i punti di stazione non coincidano con punti di coordinate note, l'ESECUTORE dovrà materializzare la loro posizione:

- sul terreno tramite un tondino di ferro infisso in modo che ne sporgano circa 5 cm e verniciato in colore intenso in modo da facilitarne il riconoscimento;
- sul terreno tramite un picchetto di legno con infisso un chiodo verniciato in colore intenso in modo da facilitarne il riconoscimento;
- in corrispondenza di manufatti esistenti, o su roccia, tramite centrini metallici murati, ovvero tramite chiodi sparati se trattasi di manufatti in calcestruzzo.

Per ogni punto di stazione l'ESECUTORE dovrà:

- redigere una apposita monografia che riporti anche le informazioni idonee a rintracciarne la posizione e uno schizzo planimetrico con le distanze da almeno tre punti particolari ben riconoscibili sul terreno.
- determinare le coordinate plano-altimetriche, collegandolo a punti di coordinate note tramite una delle seguenti procedure:
  - per le coordinate planimetriche tramite procedura di intersezione multipla in avanti a partire da tre punti di coordinate note, ovvero tramite il metodo del vertice di piramide collimando a quattro punti di coordinate note o, infine, realizzando una poligonale a lati corti tra punti di coordinate note in cui i punti di stazione coincidano con tutti o parte dei vertici della poligonale; i dati ricavati per le coordinate planimetriche dei punti di stazione vanno sottoposti a procedura analitica di compensazione, tenendo conto, se opportuno, della teoria degli errori;
  - per la quota, tramite livellazione trigonometrica da un estremo utilizzando gli stessi punti precedenti ovvero tre capisaldi di precisione (delle reti determinate da FERROVIE o della rete IGM), in entrambi i casi purché la distanza non superi i 500 m, altrimenti si dovrà inserire il punto di stazione in una livellazione di precisione dal mezzo che abbia inizio e termine su di un caposaldo (tra due capisaldi oppure chiusa su di uno solo).

2.5.5 CONTROLLI

Oltre ai controlli specificatamente previsti nelle prescrizioni alle singole fasi di lavoro, le Ferrovie si riservano la facoltà di eseguire, a loro insindacabile giudizio, i controlli che riterranno più opportuni sia nel corso dei lavori che ad ultimazione dei medesimi scegliendo le zone da controllare sia per l'ubicazione che per l'estensione. L'ESECUTORE si impegna ed accetta che un incaricato di FERROVIE possa accedere in qualsiasi momento nei locali dove si eseguono i lavori di elaborazioni dati, di restituzione e disegno cartografico o nelle zone dove sono in corso le operazioni topografiche all'aperto, per eseguire i controlli che saranno da FERROVIE ritenuti opportuni, mettendo a sua disposizione tutti i documenti, anche relativi alle operazioni in corso, che FERROVIE stessa riterrà utile consultare. Per l'esecuzione dei controlli stessi l'ESECUTORE dovrà fornire la manodopera ausiliaria (canneggiatori) necessaria, nonché un'autovettura con

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

autista attrezzata per il trasporto degli strumenti e del personale addetto ai controlli. Nel caso di mancata osservanza delle prescrizioni esecutive da parte dell'ESECUTORE, con particolare riguardo a misurazioni eseguite fuori tolleranza, ad omissione di particolari cartografici rilevanti, il relativo lavoro non sarà ritenuto accettabile e quindi dovrà essere ripetuto o corretto a tutta cura e spese dell'ESECUTORE medesimo, senza che ciò possa costituire motivo di prolungamento del termine utile contrattuale; quanto sopra oltre all'applicazione delle eventuali penalità che siano stabilite nel contratto.

2.6 RETI

2.6.1 RETE DI INQUADRAMENTO

2.6.1.1 Scelta e controllo dei vertici

Per l'inquadramento geodetico della cartografia o per gli allacci della poligonale, l'ESECUTORE dovrà redigere un grafico in scala 1:25.000 della rete planoaltimetrica dei punti I.G.M. 95 esistenti ed utilizzabili, dopo avere provveduto a reperire i relativi elementi geodetici. A tal fine l'ESECUTORE richiederà all'Istituto Geografico Militare di Firenze, la verifica dei punti trigonometrici che ritiene di dover utilizzare per il suddetto inquadramento, con l'eventuale ricalcolo degli elementi planoaltimetrici dei punti medesimi. Potranno essere utilizzati soltanto i vertici trigonometrici I.G.M. del I, II e III ordine. Nel caso che nella zona interessata dai rilievi non esistano vertici di I, II e III ordine, previa comunicazione scritta dell'ESECUTORE, potrà essere eccezionalmente consentita da FERROVIE, per l'inquadramento delle cartografie, l'utilizzazione di punti trigonometrici I.G.M. di IV ordine, purché determinati posteriormente all'anno 1942, oppure vertici della rete catastale o della rete costiera dell'Istituto Idrografico della Marina, purché rispondano ai requisiti, prescritti più avanti, per i vertici trigonometrici. Le Ferrovie potranno partecipare al controllo della rete di inquadramento, da effettuarsi, con misure dirette sul terreno, su almeno il 20% dei vertici presi in esame. La rete sarà ritenuta idonea quando la distanza D' tra i vertici contigui, ricavata dalle coordinate originarie, e la distanza D fra gli stessi vertici, ottenuta dalle misure di controllo, tenuto conto del modulo di deformazione della proiezione Gauss-Boaga, soddisfi la relazione:| D' - D |minore o uguale a D/10.000. Le distanze D e D' verranno indicate in metri ed i punti che non soddisfino la suddetta relazione saranno scartati. Le operazioni topografiche per il controllo dei punti della rete d'inquadramento devono essere eseguite con le stesse modalità di quelle previste per la determinazione di nuovi punti.

2.6.1.2 Determinazione di nuovi punti

Per la determinazione di eventuali nuovi punti, in sostituzione di quelli I.G.M. scartati, occorrenti per la materializzazione della rete di inquadramento, saranno osservate le seguenti prescrizioni. I nuovi punti, posti ad una distanza variabile secondo le necessità, dovranno consentire una buona visibilità sulla zona circostante ed essere ubicati su manufatti stabili nel tempo e sui quali sia possibile fare stazione in modo da rendere possibili le osservazioni dal centro. Detti punti dovranno, inoltre, essere posti possibilmente al centro delle maglie formate dai vertici I.G.M. e verranno preferibilmente determinati mediante stelle di triangoli ben conformati e chiusi, dai quali si misureranno tutti e tre gli angoli e tutte le distanze. La stella dei triangoli si considererà ben conformata quando ciascun triangolo non abbia angoli minori di 30 gradi centesimali. Qualora non risulti possibile la determinazione a stella, il punto potrà essere determinato con un complesso di triangoli chiusi che abbiano come vertice comune detto punto e come basi le congiungenti dei punti I.G.M. ubicati da una parte di esso. In tale caso il numero dei triangoli non dovrà essere inferiore a 5 o, in caso di assoluta deficiente visibilità, non inferiore a 4. Anche in questi casi andranno misurati tutti gli angoli e tutte le distanze possibili, in modo da avere sempre misure sovrabbondanti utili per i calcoli di compensazione e per i controlli che FERROVIE riterrà opportuno effettuare.

Gli angoli azimutali andranno determinati con il metodo delle osservazioni a strati eseguendo, da ciascuna

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

stazione, almeno 6 strati di letture. Se dalla medesima stazione si eseguissero successivamente osservazioni a strati riferentesi a diversi gruppi di punti, tali strati dovranno avere in comune almeno due punti per risultare collegati. I vari strati saranno ridotti alla medesima origine e se ne medieranno i risultati, sempre che le differenze tra i loro valori non superino i 15 secondi centesimali. Qualora le differenze eccedano i limiti anzidetti le osservazioni andranno ripetute.

I calcoli di compensazione della rete così formata saranno condotti con metodi matematici rigorosi e tenendo conto della teoria degli errori.

La quota altimetrica del punto di nuova determinazione verrà ricavata con una livellazione trigonometrica; le osservazioni andranno riferite a tutti i punti trigonometrici I.G.M. visibili dal punto di stazione e saranno eseguite con il metodo delle osservazioni coniugate, che verranno ripetute in ore differenti. Tali osservazioni zenitali, non inferiori a 4 strati per ogni quota da determinare, per essere mediabili non dovranno presentare scarti superiori a 15 secondi centesimali. Si eviterà, per quanto possibile, di osservare zenitalmente le visuali sfioranti il terreno o le cime degli alberi di zone boscose. Le quote finali calcolate dai vari trigonometrici saranno mediate se i risultati ottenuti dai diversi calcoli avranno tra loro uno scarto inferiore a +/- cm. 10.

2.6.2 RETE DI RAFFITTIMENTO

Dalla rete di inquadramento fondamentale (solo per le scale 1:10.000 e 1:5.000) si deriverà una rete di punti di raffittimento sia planimetrico che altimetrico. Detti vertici di raffittimento dovranno essere in numero sufficiente da permettere, insieme ai vertici di I-II-III ordine I.G.M. ed a quelli del IV ordine eventualmente utilizzati, di individuare un punto ogni: a) 2,5 chilometri quadrati di superficie, per la scala 1:5.000; b) 5 chilometri quadrati di superficie, per la scala 1:10.000. Pertanto l'ESECUTORE redigerà un progetto di rete di raffittimento che sottoporrà alla preventiva approvazione di FERROVIE unitamente agli schemi operativi. Tali operazioni non saranno effettuate soltanto se esiste una precedente rete di raffittimento eseguita dalle Ferrovie; in tal caso le Ferrovie medesime consegneranno all'ESECUTORE le relative monografie e questi è tenuto alla verifica dei vertici; qualora occorra integrare tale rete di raffittimento o per estenderla o perché alcuni vertici sono mancanti, le relative operazioni saranno eseguite secondo le prescrizioni del presente paragrafo.

I vertici della rete di raffittimento verranno determinati mediante intersezione multipla in avanti, collimandoli da almeno quattro punti di ordine superiore, in modo da ottenere tre triangoli aventi, a due a due, un lato in comune. Almeno due dei triangoli predetti non dovranno essere sovrapposti, bensì giacere da bande opposte rispetto al lato comune. Non sarà considerato come terzo triangolo quello le cui visuali al punto siano state ambedue adoperate nei due triangoli precedenti. Un tale triangolo potrà servire solo come controllo per il calcolo. Eccezionalmente, la collimazione di alcuni punti della rete di raffittimento potrà essere effettuata soltanto da tre punti di ordine superiore, riducendosi cosi a due i relativi triangoli, purché non sovrapposti; in tale caso dovrà calcolarsi il terzo triangolo di controllo, se sufficientemente ben conformato. I lati dei triangoli non dovranno eccedere i quattro - cinque chilometri e l'angolo sul punto non dovrà essere inferiore a 40 né superiore a 140 gradi centesimali. Quando non è possibile procedere all'intersezione multipla in avanti, alcuni punti potranno essere determinati nei seguenti modi:

- con triangolo chiuso appoggiato a due punti di ordine superiore; dal punto da determinarsi dovranno collimarsi però uno o più punti, anche di raffittimento, tali da poter dar luogo ad almeno un secondo triangolo di controllo;
- con metodo del vertice di piramide con elemento di controllo.

Le osservazioni azimutali verranno eseguite con metodo a strati effettuando quattro strati di osservazioni. Le osservazioni azimutali di ciascuno strato saranno ridotte ad una stessa origine, unica per ciascuna stazione; le direzioni medie, rispetto all'origine e relative ad uno stesso punto, saranno mediate ove non presentino, tra i

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

vari strati, differenze superiori a 15 secondi centesimali. Qualora le differenze eccedano i limiti anzidetti le osservazioni andranno ripetute.

L'errore di chiusura angolare di ciascun triangolo della rete di raffittimento non dovrà eccedere i 10 secondi centesimali. La compensazione angolare di un triangolo in tolleranza sarà effettuata, ritenendo uguali i pesi dei tre angoli, assegnando a ciascuno di essi una correzione pari ad un terzo dell'errore di chiusura, cambiato di segno.

Qualora venisse usata, per il rilievo dei vertici della rete di raffittimento, la trilaterazione, la compensazione sarà eseguita con metodi matematici rigorosi tenuto conto della teoria degli errori.

Il rilievo altimetrico della rete di raffittimento sarà effettuato con la livellazione trigonometrica, secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.6.1e le letture zenitali saranno eseguite con il metodo delle osservazioni coniugate. Da ciascuna stazione si collimerà ad almeno 3capisaldi della livellazione di precisione I.G.M. esistente nella zona (o di quella eseguita dall'ESECUTORE), purché la distanza non superi 0,5 km, effettuando almeno due strati di lettura. Qualora per particolari motivi dette distanze siano superiori al limite fissato, l'ESECUTORE è tenuto a rispettare, per il rilievo altimetrico della rete di raffittimento, le stesse norme stabilite per la rete di inquadramento, con l'avvertenza che dovranno essere rispettate le tolleranze di seguito specificate. La tolleranza planimetrica sui vertici della rete di raffittimento è fissata in +/- 5cm; quella altimetrica in 1/4 della tolleranza stabilita per i punti quotati isolati della carta.

2.6.3 RETE GPS DI INQUADRAMENTO E RAFFITTIMENTO

2.6.3.1 Scelta dei vertici

La scelta della posizione dei vertici dovrà, per quanto possibile, tenere conto delle successive operazioni di tracciamento. La geometria e l'affidabilità della rete dovranno essere verificate a priori con operazioni di simulazione.

La rete dovrà essere sviluppata a poligoni. I punti dovranno essere materializzati secondo le prescrizioni di cui al paragrafo2.5.4.1 "Capisaldi". Nel definirne l'ubicazione, dovrà essere verificata l'assenza di campi elettromagnetici o superfici riflettenti che potrebbero causare disturbi nella ricezione del segnale e fenomeni di "percorsi multipli". Nel punto di stazione dovrà essere garantita l'assenza d'ostacoli alla ricezione del segnale a partire da un'elevazione minima di 15° (angolo di cut-off). Ostacoli (edifici, alberi, alture ecc.) potranno comunque essere presenti anche al di sopra di questa elevazione, purché d'entità limitata nel giro d'orizzonte. Di questi ostacoli si dovrà dare indicazione in un diagramma polare, allegato alla monografia del vertice, dal quale risultino le elevazioni e gli azimut.

Le misure GPS saranno eseguite con ricevitori abilitati alla ricezione di entrambe le frequenze attraverso procedimenti quali ad esempio la cross-correlazione o quadratura del segnale e di entrambi i codici, secondo gli schemi previsti. L'acquisizione avverrà contemporaneamente con almeno due ricevitori, posizionati sui punti alle estremità delle basi da misurare.

La costellazione minimale sarà costituita da quattro satelliti con diagrammi di PDOP che potranno presentare valori elevati (>5) solo in finestre temporali limitate durante la sessione di misura. E' comunque auspicabile l'utilizzo di costellazioni più numerose e con bassi valori di PDOP. La scelta delle costellazioni da utilizzare dovrà essere comunque ottimizzata anche in relazione agli ostacoli alla ricezione presenti nel sito.

Il segnale potrà essere acquisito solo quando il satellite avrà raggiunto un'elevazione minima di 15° sull'orizzonte della stazione.

Gli strumenti dovranno essere programmati per un intervallo d'acquisizione pari a 15 secondi, mentre la durata delle sessioni di misura sarà strettamente correlata alla lunghezza della base da determinare.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Si riportano nella tabella seguente i tempi minimi di acquisizione.

Tabella 2.6.1

Lunghezza (km)	Tempo acquisizione (minuti)
da 0 a 5	15
da 5 a 10	30
maggiore di 10	60

Le basi saranno elaborate da un appropriato software, universalmente conosciuto, che dovrà evidenziare il valore di quei parametri che la casa costruttrice dei ricevitori pone come vincolo per l'accettabilità della misura e questi dovranno essere evidenziati in maniera esaustiva nella relazione allegata.

La rete dovrà essere realizzata per determinare le coordinate nel sistema WGS84 e dovrà comprendere un sufficiente numero di vertici (minimo 3) noti nel sistema Gauss-Boaga , IGM 95 e altrettanti capisaldi di livellazione IGM. Questi punti dovranno essere disposti in modo tale da racchiudere l'intera area oggetto del rilievo. La realizzazione della rete dovrà avvenire con misure sovrabbondanti per garantire controlli statisticamente validi. La rete dovrà essere strutturata in maniera tale da formare dei poligoni chiusi e con una ridondanza maggiore di 2 uniformemente distribuita (numero delle basi diviso il numero dei punti meno 1).

La compensazione della rete dovrà essere eseguita in maniera intrinseca, con il metodo dei minimi quadrati, tenendo fisso un solo punto baricentrico alla zona di lavoro. Lo s.q.m. di ciascuna delle due coordinate planimetriche dovrà essere inferiore a 2 cm, quello altimetrico inferiore a 4 cm.

La compensazione della rete potrà avvenire secondo tre modalità:

- trattamento delle misure GPS in modalità singola base e successiva compensazione della rete;
- trattamento di ogni sessione GPS con metodo multi-base e successiva compensazione globale delle singole sessioni di misura;
- compensazione globale della rete in modalità multi-base.

L'inserimento nel sistema nazionale della rete compensata sarà consentito tramite rototraslazione spaziale conforme a 7 parametri. Tali parametri saranno calcolati utilizzando come minimo 3 vertici planimetrici IGM 95 e almeno 3 quote ortometriche di capisaldi di livellazione IGM, IIM. Tali parametri saranno accettati se i residui della rototraslazione saranno inferiori a 20 cm.

In tutti i casi, durante la compensazione si dovranno effettuare analisi statistiche per l'individuazione e la rimozione di errori nelle misure.

2.6.3.2 Coordinate rettilinee

Per la rappresentazione in coordinate "rettilinee" dovrà essere scelto un metodo di calcolo che garantisca nel passaggio da rappresentazione ellissoidica a rappresentazione piana o "rettilinea" di una deformazione paragonabile agli "errori strumentali di misura". Dovrà essere eseguita una trasformazione da coordinate

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

geografiche WGS 84 ottenute dalla compensazione della rete intrinseca in coordinate piane utilizzando come meridiano origine quello baricentrico alla zona di lavoro e fissando il coefficiente di contrazione uguale ad 1. Successivamente dovranno essere calcolate le coordinate così trasformate sul piano medio di riferimento.

Le quote dei vertici della rete saranno riferite alla rete GPS IGM 95 e ai capisaldi di livellazione IGM.

2.6.4 MONOGRAFIE

Per ciascun vertice dovrà essere redatta una monografia, contenente i seguenti elementi:

- codice del vertice
- coordinateUTM32-WGS84, UTM32-ED50e Gauss Boaga e per i vertici GPS anche le coordinate geografiche WGS84 e dovrà essere indicata la precisione ottenuta;
- schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti caratteristici stabiliti facilmente individuabili sul terreno;
- schizzo prospettico e fotografia;
- quota del vertice ellissoidica e ortometrica, con indicazione della metodologia con cui è stata determinata e della precisione ottenuta;
- breve descrizione dell'ubicazione con l'esplicita indicazione del Comune, frazione, località e via dove ricade il vertice;
- data di materializzazione. Per i vertici ricadenti nella proprietà ferroviaria dovrà essere indicata anche la quota del piano del ferro antistante.

2.6.5 DOCUMENTAZIONE TOPOGRAFICA

L'ESECUTORE, se non diversamente prescritto, durante e al termine delle attività dovrà elaborare i sotto elencati documenti da consegnare a FERROVIE congiuntamente al dossier dell'opera:

- monografie di tutti i vertici I.G.M. utilizzati nella rete, in originale o copia fotostatica;
- monografie dei vertici della rete di inquadramento determinati ex novo, come prescritto dal precedente paragrafo 2.6.4 "MONOGRAFIE";
- quaderni o verbali di campagna in originale, per gli strumenti elettronici file con la registrazione delle misure effettuate;
- per le reti GPS, file contenenti i calcoli delle linee di singola base, file della compensazione della rete, file delle trasformazioni delle coordinate WGS84 e file dei calcoli delle coordinate piane;
- schemi delle operazioni topografiche eseguite per la determinazione dei nuovi vertici con i dati di rilievo;
- calcoli effettuati e s.q.m.;
- relazione illustrante i procedimenti adottati per i rilievi e per la compensazione, gli eventuali problemi avuti per la ricezione dei segnali (per le reti GPS), mettendo in particolare risalto il grado di precisione ottenuto;
- grafico in scala 1:25.000 dal quale risultino le operazioni eseguite, i vertici I.G.M. usati, quelli controllati ed i nuovi vertici determinati;
- elaborati relativi al controllo di omogeneità.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Gli elaborati andranno consegnati, in originale e due copie, entro appositi contenitori di dimensioni adeguate, con tutte le indicazioni necessarie per la loro esatta individuazione scritte sia sulla parte laterale che sulla testata del contenitore stesso.

Le monografie saranno rilegate a libretto di formato non superiore a 21 x 29,7 cm.

2.7 POLIGONALI

2.7.1 POLIGONALI DI PRECISIONE PLANOALTIMETRICHE A LATI LUNGHI

Per la poligonale planoaltimetrica a lati lunghi, che potrà essere disposta da FERROVIE in alternativa alla rete di raffittimento, si prescrive che i lati abbiano possibilmente lunghezza costante e che i vertici costituenti i loro punti d'incontro siano ubicati su manufatti stabili nel tempo e tali da consentire la più ampia visuale possibile. La materializzazione di detti vertici verrà eseguita secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.5.4 "VERTICI".

Il rilievo angolare sarà effettuato con il metodo delle osservazioni a strati, eseguendo da ogni stazione almeno tre o quattro strati di letture azimutali secondo le prescrizioni di FERROVIE. I vari strati forniranno i valori degli angoli che, per essere mediabili, non dovranno presentare uno scarto superiore a 20 secondi centesimali. Le osservazioni che superino tale valore andranno ripetute.

L'angolo per l'orientamento del primo lato della poligonale sarà rilevato con il metodo delle direzioni isolate effettuando quattro letture la mattina e quattro il pomeriggio per eliminare l'errore di fase. L'orientamento anzidetto verrà determinato collimando ove possibile almeno quattro punti trigonometrici della rete di inquadramento.

Le tolleranze planimetriche di chiusura sui punti trigonometrici I.G.M. della rete di inquadramento vengono stabilite come segue:

- per la poligonale con lati lunghi mediamente da 0,3 km a 1 km, misurati in proiezione orizzontale lungo la congiungente i vertici
  - $\Delta\alpha$ (errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali)= $\pm$ 0,0030 $\sqrt{n}$, dove n è il numero dei vertici;
  - ΔL (errore di chiusura lineare espresso in metri) = $\pm$ [0,002 $\sqrt{\sum l}$ + 0,0001$\sum l$ + 0,005] dove $\sum l$ è la sommatoria della lunghezza dei lati in m;
- per le poligonali con lati mediamente da oltre 1 km a 7 km, misurati in proiezione orizzontale lungo la congiungente i vertici
  - $\Delta\alpha$(errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali) = $\pm$ 0,0020 $\sqrt{n}$ dove n è il numero dei vertici;
  - rl (rapporto di accuratezza lineare) = $\sqrt{\left(\frac{\Delta E^2 + \Delta N^2}{\Sigma l}\right)} \leq 1/A$, dove ΔE e ΔN= differenze espresse in metri fra le coordinate NORD ed EST calcolate con la poligonale e le rispettive coordinate del punto trigonometrico desunte dalla monografia e i parametro A è riportato nella seguente tabella 2.7.1;
  - Δ L (errore di chiusura lineare espresso in metri) = $\pm$ [0,002 $\sqrt{\sum l}$ + 0,0001$\sum l$ + 0,005] dove $\sum l$ è la sommatoria della lunghezza dei lati in m..

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Tabella 2.7.1

A	lunghezza media dei lati (misurati in proiezione orizzontale lungo la congiungente dei vertici)
10.000	da oltre 1 km a 3 km
30.000	da oltre 3 km a 5 km
60.000	da oltre 5 km a 7 km

La posizione altimetrica dei vertici della poligonale dovrà essere ottenuta mediante livellazione trigonometrica nei seguenti modi:

a) nel caso in cui nella zona interessata dai rilievi non esista una rete di livellazione I.G.M. o una livellazione eseguita in precedenza dalle Ferrovie o dall'ESECUTORE, dovrà determinarsi il dislivello tra le successive coppie di punti con osservazioni zenitali, eseguite con il metodo delle osservazioni coniugate, effettuando la collimazione reciproca e mediando successivamente i valori calcolati in andata e ritorno. Detta poligonale, all'origine, alla fine e, ove possibile, almeno ogni 10 Km, dovrà essere appoggiata e chiusa su capisaldi I.G.M. al fine di accertare che le misurazioni eseguite rientrino nel limite di tolleranza altimetrica stabilita dalla formula Δ (espresso in mm)= +/- 40 D, dove D è la distanza in chilometri. Gli eventuali errori altimetrici, se contenuti entro i limiti di tolleranza suddetti, saranno ripartiti con calcoli matematici rigorosi tenendo conto della teoria degli errori;

b) nel caso in cui nella zona interessata dai rilievi esistano le livellazioni citati al punto a) e sia possibile la collimazione diretta al caposaldo, il rilievo altimetrico di ciascun vertice, appoggiato ai capisaldi della rete di livellazione purché posti ad una distanza non superiore ad 1 Km, sarà eseguito con il metodo delle osservazioni zenitali coniugate, effettuando la collimazione reciproca e mediando i risultati.

Per entrambi i casi da ogni stazione verranno eseguiti almeno tre strati di letture per ogni punto collimato e gli angoli zenitali ottenuti, per essere mediabili, non dovranno presentare uno scarto superiore a 20 secondi centesimali.

La poligonale planoaltimetrica può essere eseguita sia per operazioni di controllo e determinazione di elementi topografici sia lungo la fascia di terreno da restituire, anche lungo la linea ferroviaria.

Di norma i vertici della poligonale devono essere materializzati a livello di piano di campagna, stradale o piattaforma ferroviaria.

Dovrà essere redatto un grafico della rete planoaltrimetrica dei punti trigonometrici I.G.M., di cui saranno reperiti gli elementi geodetici, sarà effettuato quindi il controllo della rete con misure dirette, e la determinazione della distanza orizzontale tra il primo vertice della poligonale e il più vicino trigonometrico I.G.M. cui verrà collegata, nonché tra l'ultimo vertice e il più vicino trigonometrico I.G.M. su cui verrà chiusa

2.7.2 POLIGONALE PLANIMETRICA A LATI CORTI

Per la poligonale planimetrica a lati corti, di norma da prevedere per le scale 1:1.000 e 1:2.000, si prescrive che i vertici, intervallati con i capisaldi della livellazione (che potranno anche far parte della poligonale) e la cui materializzazione sarà eseguita secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.5.4 "VERTICI", siano di norma ubicati sulla banchina della linea ferroviaria esistente nella fascia di terreno da restituire. La distanza tra i vertici di detta poligonale sarà variabile in relazione alla necessità di stabilire la visuale di ogni singolo

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

vertice da quelli contigui ed individuare tutti i rettifili della linea ferroviaria esistente. In prossimità dei binari la distanza della più vicina rotaia dovrà essere tale da non interessare la massicciata della sede ferroviaria e da consentire lo stazionamento con il teodolite anche durante la marcia dei treni; tale distanza sarà comunque sempre superiore a m 1,80. Nei tratti in rettifilo, due vertici successivi saranno fissati alla stessa distanza dal bordo interno del fungo della rotaia più vicina, in modo che la loro congiungente risulti parallela al binario e saranno posti tra loro alla massima distanza, purché inferiore ad 1 km, consentita dal rettifilo stesso. In corrispondenza delle gallerie esistenti la poligonale passerà all'esterno e, ove ciò non fosse possibile, potrà essere autorizzata l'esecuzione di una triangolazione sostitutiva di collegamento ed il rilievo potrà essere appoggiato anche a tale triangolazione. In corrispondenza degli imbocchi, in rettifilo, delle gallerie, la poligonale dovrà avere un lato supplementare aperto, all'interno della galleria e parallelo al suo asse.

Nei tratti di poligonale eseguiti su terreno libero i vertici dovranno essere ubicati fuori dai terreni coltivati, possibilmente lungo i margini di strade o fossi, su manufatti, ecc., in modo che non possano essere facilmente rimossi; comunque la distanza tra due vertici successivi dovrà essere sempre inferiore a 1 km.

Il rilievo angolare della poligonale dovrà essere eseguito con il metodo delle osservazioni a strati, con le stesse prescrizioni stabilite per la poligonale planoaltimetrica a lati lunghi al precedente paragrafo 2.7.1

Il rilievo lineare sarà eseguito avanti e indietro e i risultati, se compatibili, saranno mediati.

Per la riduzione all'orizzonte di dette misure dovranno essere rilevati gli angoli zenitali, effettuando almeno due strati di letture angolari. Data l'esigenza delle FERROVIE di avere misure reali, relative alla fascia di terreno interessata, la poligonale rimarrà aperta, nonostante il rilevante sviluppo in lunghezza, e perciò il calcolo di essa non sarà influenzato da correzioni per eventuali errori di chiusura su punti trigonometrici dell'Istituto Geografico Militare. Comunque ogni 10 km circa, nonché all'inizio e alla fine della poligonale, dovranno essere eseguite le chiusure su punti trigonometrici I.G.M., ma al solo scopo di accertare che le approssimazioni delle misurazioni eseguite rientrino nei limiti di tolleranza stabilite dalle formule:

- $\Delta\alpha$ (errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali) = $\pm$ 0,0030 $\sqrt{n}$, dove n è il numero dei vertici;
- ΔL (errore di chiusura lineare espresso in metri) = $\pm$ [0,002 $\sqrt{\sum l}$ + 0,0001$\sum l$ + 0,005] dove $\sum l$ è la sommatoria della lunghezza dei lati in m.

La posizione altimetrica dei vertici della poligonale di precisione, quanto non è previsto che sia determinata con livellazione geometrica, dovrà essere ottenuta come previsto al precedente paragrafo 2.7.1 "POLIGONALIPLANOALTIMETRICHEDI PRECISIONE A LATI LUNGHI".

Dovrà essere redatto un grafico della rete planoaltrimetrica dei punti trigonometrici I.G.M., di cui saranno reperiti gli elementi geodetici, sarà effettuato quindi il controllo della rete con misure dirette, e la determinazione della distanza orizzontale tra il primo vertice della poligonale e il più vicino trigonometrico I.G.M. cui verrà collegata, nonché tra l'ultimo vertice e il più vicino trigonometrico I.G.M. su cui verrà chiusa

2.7.3 POLIGONALI DI PRECISIONE

2.7.3.1 Scelta dei vertici di partenza e controllo della conformità degli stessi

Si assumeranno come vertici di partenza quelli delle reti principali e di raffittimento o i nuovi punti trigonometrici posizionati in precedenza, tramite triangolazioni di precisione, verificando che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo e che siano conformi alle monografie.

Nell'eventualità che si sia verificato un danneggiamento o una rimozione, tale vertice verrà scartato riferendosi ad un altro, oppure si controllerà che il vertice venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un vertice di nuova creazione.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La materializzazione di detti vertici verrà eseguita secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.5.4 "VERTICI".

2.7.3.2 Azimut di direzione e orientamento iniziale

Ove possibile, per il vertice iniziale e quello finale della poligonale verrà calcolato l'azimut di direzione ad almeno tre, e comunque a non meno di due vertici della rete di raffittimento. L'orientamento avverrà al vertice più lontano dal punto di stazione e si controllerà la veridicità dell'operazione attraverso l'orientamento ai vertici più vicini.

L'angolo di orientamento sarà rilevato effettuando almeno sei insiemi di letture angolari con il metodo delle direzioni isolate, differenziando se necessario l'orario delle osservazioni.

2.7.3.3 Modalità di lettura strumentale e tolleranze

I lati della poligonale dovranno avere possibilmente lunghezza costante, compresa fra 300 e 1.000 m; la poligonale non potrà avere sviluppo complessivo superiore a 10 km e non più di 20 vertici di stazione.

Gli angoli azimutali e zenitali verranno determinati attraverso almeno sei strati di letture. Lo scarto massimo fra i valori angolari dei vari strati non dovrà essere superiore ai dodici secondi centesimali.

Le osservazioni che superino tali valori andranno ripetute.

Le tolleranze per l'esecuzione di poligonali o intersezioni multiple per la determinazione di nuovi punti trigonometrici atti all'inquadramento topografico delle stazioni per il tracciamento delle opere saranno le seguenti:

- Tolleranza angolare $\Delta\alpha = 0.0012 \times \sqrt{n}$ dove n è il numero dei vertici;
- Tolleranza lineare $\Delta L = 0.009 \times \sqrt{\Sigma l}$ (km) + 0.003 n + 0.002 x Σl (km) dove Σl è la sommatoria della lunghezza dei lati ed n è il numero dei vertici.

La posizione altimetrica dei vertici della poligonale dovrà essere ottenuta mediante livellazione geometrica di precisione.

2.7.3.4 Compensazione ed elaborazione dati

I dati rilevati per il calcolo delle coordinate planimetriche dei punti di stazione saranno sottoposti a procedura analitica di compensazione e di calcolo.

2.7.4 POLIGONALI SECONDARIE

2.7.4.1 Scelta dei vertici di partenza e controllo della conformità degli stessi

Si assumeranno come vertici di partenza quelli delle reti principali e di raffittimento o i nuovi punti trigonometrici posizionati in precedenza, tramite triangolazioni di precisione, verificando che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo e che siano conformi alle monografie.

Nell'eventualità che si sia verificato il danneggiamento o la rimozione di un vertice, tale vertice verrà scartato e si farà riferimento a un altro oppure, si controllerà che il vertice venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un vertice di nuova creazione.

La materializzazione di detti vertici verrà eseguita secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.5.4 "VERTICI".

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

2.7.4.2 Azimut di direzione e orientamento iniziale

Ove possibile, per il vertice iniziale e quello finale della poligonale verrà calcolato l'azimut di direzione ad almeno tre, e comunque a non meno di due, vertici della rete di raffittimento. L'orientamento avverrà al caposaldo più lontano dal punto di stazione e si controllerà la veridicità dell'operazione attraverso l'orientamento ai capisaldi più vicini. L'angolo di orientamento sarà rilevato effettuando almeno quattro insiemi di lettura angolari con il metodo delle direzioni isolate, differenziando se necessario l'orario delle osservazioni.

2.7.4.3 Modalità di lettura strumentale e tolleranze

I lati della poligonale dovranno avere possibilmente lunghezza costante compresa tra i 150 e 500 metri; la poligonale non potrà avere sviluppo complessivo superiore ai 3 Km e più di 15 stazioni.

Gli angoli azimutali e zenitali verranno determinati attraverso almeno tre strati di letture.

Lo scarto massimo tra i valori angolari dei vari strati non dovrà essere superiore a venti secondi centesimali. Le osservazioni che superino tali valori andranno ripetute.

Le tolleranze per l'esecuzione di poligonali secondarie e intersezioni multiple per la determinazione di nuovi punti trigonometrici atti all'esecuzione di rilievi celerimetrici ed al tracciamento delle opere saranno le seguenti:

- Tolleranza angolare $\Delta\alpha$ = 0g.0020 x $\sqrt{n}$ dove n è il numero dei vertici della poligonale;
- Tolleranza lineare $\Delta L = 0.015x\sqrt{\Sigma l}$ (Km) + 0.005 x n + 0.005 x $\sum$l (km) dove $\sum$l è la sommatoria della lunghezza dei lati ed n il numero dei vertici della poligonale.

La posizione altimetrica dei vertici della poligonale sarà ottenuta secondo una delle due procedure seguenti:

- determinando il dislivello tra le successive coppie di punti con osservazioni zenitali, effettuando la collimazione reciproca e mediando successivamente i valori calcolati in andata e ritorno. Verranno eseguiti almeno quattro strati di lettura per ogni punto collimato e gli angoli ottenuti, per essere mediabili dovranno presentare uno scarto inferiore a venti secondi centesimali;
- mediante livellazione tecnica.

2.7.4.4 Compensazione ed elaborazione dati

I dati rilevati per il calcolo delle coordinate planimetriche dei punti di stazione saranno sottoposti a procedura analitica di compensazione e di calcolo.

2.7.4.5 Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi

Per i vertici delle poligonali secondarie, se necessario, l'ESECUTORE predisporrà uno schizzo planimetrico atto a permetterne l'identificazione; questo dovrà contenere:

- coordinate rettilinee;
- distanza del vertice da almeno tre punti caratteristici, stabiliti e facilmente individuabili sul terreno; in galleria invece verrà indicata la progressiva;
- data di materializzazione;
- quota del vertice;
- schizzo prospettico o fotografia;
- numerazione.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

2.7.4.6 Documentazione topografica

Dovrà essere prodotta la seguente documentazione:

- monografie dei vertici della poligonale che dovranno contenere, per ciascun vertice:
  - coordinate rettilinee e Gauss Boaga;
  - schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti caratteristici stabiliti facilmente individuabili sul terreno;
  - schizzo prospettico o fotografia;
  - quota del vertice;
  - breve descrizione dell'ubicazione con l'esplicita indicazione del Comune, frazione, località e via dove ricade il vertice;
  - data di materializzazione.

  Per i vertici ricadenti sulla sede ferroviaria dovrà essere indicata anche la quota del piano del ferro antistante.
- monografie dei punti trigonometrici I.G.M. cui è stata riferita la poligonale e sui quali sono state eseguite le previste chiusure di controllo, secondo le specifiche del precedente paragrafo 2.6.4 "VERTICI";
- calcoli della poligonale per la determinazione delle coordinate geografiche e piane;
- calcoli relativi alle chiusure di controllo;
- grafico della poligonale in scala 1:25.000, con l'indicazione dei collegamenti con i trigonometrici I.G.M., dei capisaldi posti in opera dall'ESECUTORE, dei limiti e dei numeri delle tavolette entro le quali si sviluppa la poligonale;
- prospetto contenente gli elementi della poligonale (distanze, angoli al vertice, angoli di direzione, coordinate e quote con l'indicazione, per i vertici ubicati sulla sede ferroviaria, della quota del piano ferro in corrispondenza dei medesimi;
- relazione sui criteri adottati per l'esecuzione dei rilievi, sui criteri usati per i calcoli e per le chiusure di controllo, nonché sulle eventuali difficoltà incontrate e sulle disposizioni impartite per eliminarle o superarle. Detta relazione conterrà anche considerazioni sui risultati raggiunti in modo particolare per quanto riguarda la precisione ottenuta.

Gli elaborati di cui ai punti 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 andranno consegnati, in originale e due copie, in appositi contenitori con tutte le indicazioni, necessarie per la loro esatta individuazione, scritte sia sulla parte laterale che sulla testata dei contenitori stessi.

Le monografie, i calcoli ed il prospetto saranno rilegati a libretto di formato non superiore a cm 21 x 29,7.

2.8 LIVELLAZIONI

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

2.8.1 LIVELLAZIONI DI PRECISIONE

La livellazione geometrica di precisione verrà effettuata per la realizzazione di nuove linee di livellazione anche lungo la poligonale di precisione a lati corti, nonché per la rideterminazione di linee di livellazione esistenti, collegata alla rete di livellazione di alta precisione dell'Istituto Geografico Militare.

Con la livellazione si dovranno determinare due capisaldi per ogni chilometro di linea livellata, che potranno anche coincidere con i vertici della poligonale. Qualora non coincidano bisognerà fornire sia le coordinate rettilinee che quelle Gauss-Boaga di detti capisaldi.

Lungo i tratti dell'esistente linea ferroviaria, quando la livellazione geometrica di precisione è finalizzata alla produzione di cartografie alle scale 1:1.000 e 1:2.000 con determinazione altimetrica dei vertici della poligonale di precisione planimetrica a lati corti, dovranno essere rilevate e riportate sulla cartografia le quote del piano del ferro del binario di corsa in corrispondenza dei vertici della poligonale, dei pali della trazione elettrica, nonché in corrispondenza delle opere d'arte (sia sul piano ferro che sul piano strada), dei passaggi a livello, dei fabbricati viaggiatori, delle case cantoniere e dei cambi di livelletta, in modo da poter ricostruire il reale andamento altimetrico della linea. Nelle curve si dovrà fare riferimento alla rotaia più bassa e cioè a quella all'interno della curva.

2.8.1.1 Scelta dei capisaldi di partenza e controllo conformità degli stessi

All'atto delle operazioni di livellazione l'ESECUTORE controllerà che i capisaldi di riferimento di partenza prescelti siano conformi a quanto indicato nelle monografie e che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo.

Nell'eventualità che si sia verificato il danneggiamento o la rimozione di un caposaldo, questo caposaldo verrà scartato e si farà riferimento a un altro, oppure, si controllerà che il caposaldo venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un caposaldo di nuova creazione.

2.8.1.2 Scelta della strumentazione

Il livello impiegato nella livellazione dovrà avere un micrometro a lastra piana-parallela per la misura diretta delle frazioni di graduazione della stadia. L'ingrandimento dovrà essere non inferiore a 30x, la livella avrà centramento a coincidenza di sensibilità non inferiore a 20" per 2 mm di spostamento o compensatore autolivellante di precisione equivalente.

Lo stato di rettifica sarà verificato prima dell'inizio dei lavori e tutte le volte che le FERROVIE lo richiedano.

Potranno essere utilizzati livelli elettronici con registratore automatico dei dati purché assicurino prestazioni equivalenti a quelle descritte.

Le coppie di stadie dovranno avere graduazione centimetrata o mezzo - centimetrata su nastro di acciaio sottoposto a tensione costante, lunghezza in un solo pezzo, bolla che ne permetta la posa verticale con l'approssimazione di qualche primo, puntale d'appoggio sui capisaldi sferici, piastra trasportabile per le battute intermedie di peso e stabilità sufficiente, stato di rettifica e taratura verificato e documentato.

2.8.1.3 Modalità di lettura strumentale e tolleranza

La livellazione di precisione sarà condotta con il metodo della livellazione geometrica con battute dal mezzo. In ogni stazione il livello dovrà trovarsi ad uguale distanza dalle due stadie, con approssimazione non superiore al metro, e la distanza tra lo strumento e la stadia non dovrà superare i 50 metri.

La misura del dislivello da caposaldo iniziale a caposaldo finale dovrà essere eseguita in andata e ritorno, in ore e giorni diversi. In ogni caso bisognerà evitare le ore calde o di foschia e le visuali radenti.

La discordanza tra il dislivello misurato in andata e quello in ritorno, tra caposaldo iniziale e finale, non dovrà

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

superare la tolleranza di mm± 6 $\sqrt{D}$, dove D è la distanza espressa in Km.

Nel caso che detta discordanza risultasse superiore si dovrà ripetere la livellazione.

Qualora lungo il percorso della livellazione si trovassero più capisaldi, la livellazione stessa si svilupperà tra ciascuna coppia di questi.

Comunque, la tolleranza tra caposaldo iniziale e caposaldo finale di tutta la livellazione dovrà essere contenuta nel limite anzidetto.

Qualora la linea di livellazione si chiuda a formare un poligono di D chilometri, l'errore di chiusura (ovvero il risultato che si ottiene sommando le medie tra andata e ritorno dei dislivelli misurati sui tratti successivi della linea), non deve essere superiore a mm± 3,5$\sqrt{D}$, dove D è il percorso totale espresso in Km.

Prima di collegare la livellazione con un caposaldo di livellazione, è fatto obbligo all'ESECUTORE di assicurarsi che la quota del caposaldo sia rimasta invariata nel tempo. I risultati di detti controlli saranno esposti in una breve relazione che verrà inviata alle FERROVIE appena terminato il lavoro di campagna.

Con la livellazione si dovrà determinare un caposaldo per ogni chilometro di linea livellata, che potrà anche coincidere con i vertici della poligonale.

Per la posa di nuovi capisaldi di livellazione si dovrà comunque prendere per origine almeno due capisaldi di quota nota della livellazione di precisione, e sarà necessario attribuire ad essi le coordinate al metro.

2.8.1.4 Compensazione ed elaborazione dati

Per il calcolo delle quote definitive i dati rilevati, che rientrino nelle tolleranze stabilite, verranno sottoposti a procedura analitica di compensazione e di calcolo.

2.8.1.5 Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi di livellazione

Per la livellazione di precisione sarà predisposta la seguente documentazione:

- monografie dei capisaldi ai quali è stata riferita la livellazione e monografie dei capisaldi messi in opera lungo il percorso della nuova livellazione secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.6.4 "MONOGRAFIE"

Inoltre per i capisaldi all'esterno delle gallerie:

- schizzo planimetrico con l'indicazione di almeno tre distanze da punti caratteristici, stabili e facilmente identificabili sul terreno;
- schizzo prospettico e fotografia.

Invece per i capisaldi all'interno delle gallerie

- distanza progressiva
- schizzo planimetrico descrittivo.

2.8.1.6 Documentazione topografica

Dovranno essere compilati e forniti i seguenti elaborati:

- relazione esplicativa sui criteri adottati e la precisione raggiunta;
- schema su carta topografica in scala 1:25.000 con l'ubicazione dei capisaldi I.G.M. di attacco e del percorso della linea di livellazione;
- monografie dei capisaldi I.G.M. ai quali è stata riferita la livellazione nonché di tutti gli altri ricadenti nel

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

tratto interessato dai rilievi;

- monografie dei capisaldi di livellazione e di eventuali capisaldi messi in opera dall'ESECUTORE lungo il percorso tra caposaldo I.G.M. e caposaldo da collegare, secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.6.4 "MONOGRAFIE";
- riepilogo di ogni linea di livellazione eseguita, con i dislivelli bruti di campagna (andata, ritorno e media) e le distanze di ogni singola battuta;
- calcoli di compensazione per la determinazione delle quote;
- prospetto con le quote e le coordinate dei vertici della poligonale e dei capisaldi di livellazione nonché con le quote del binario in corrispondenza dei medesimi, compresi i relativi calcoli.

Degli elaborati dovranno essere consegnati gli originali e due copie, in appositi contenitori con tutte le indicazioni, necessarie per la loro esatta individuazione, scritte sia sulla parte laterale che sulla testata dei contenitori stessi. Le monografie, i calcoli ed il prospetto saranno rilegati a libretto di formato non superiore a cm 21 x 29,7.

2.8.2 LIVELLAZIONI TECNICHE

Le operazioni comprenderanno:

- la ricerca dei capisaldi della rete dell'Istituto Geografico Militare o FS;
- la misura del dislivello tra i punti, capisaldi e vertici da collegare, eseguita in andata e ritorno;
- il rilievo delle quote dei vertici e punti richiesti.

Lungo i tratti di linea ferroviaria, quando la livellazione tecnica è finalizzata alla produzione di cartografia alle scale 1:5.000 e 1:10.000, dovranno essere rilevate su richiesta di FERROVIE e riportate sulla cartografia anche le quote dei punti di incrocio delle strade, dei passaggi a livello, delle opere d'arte lungo la ferrovia esistente nonché la quota del piano strada in corrispondenza delle opere d'arte.

2.8.2.1 Scelta dei capisaldi di partenza e controllo conformità degli stessi

All'atto delle operazioni di livellazione l'ESECUTORE controllerà che i capisaldi di riferimento di partenza prescelti siano conformi a quanto indicato nelle monografie e che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo.

Nell'eventualità che si sia verificato il danneggiamento o la rimozione di un caposaldo, questo verrà scartato e si farà riferimento ad un altro, oppure si controllerà che il caposaldo venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un caposaldo di nuova creazione.

La materializzazione di vertici e capisaldi verrà eseguita secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.5.4 "VERTICI".

2.8.2.2 Scelta della strumentazione

Il livello impiegato nella livellazione dovrà avere: ingrandimento circa 25X, livella con centramento a coincidenza e sensibilità non inferiore a 30" per 2 mm di spostamento o dispositivo autolivellante equivalente; stato di rettifica controllato all'inizio dei lavori.

Le coppie di stadie dovranno avere: graduazione centimetrata su legno o metallo preferibilmente di un pezzo unico, livella sferica per la posa verticale. Con la livellazione si dovrà determinare un caposaldo per chilometro di linea livellata, che potrà coincidere anche con i vertici della poligonale.

Potranno essere utilizzati livelli elettronici con registratore automatico dei dati purché assicurino prestazioni equivalenti.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

2.8.2.3 Modalità di lettura strumentale e tolleranze

Per la posa di nuovi capisaldi si dovranno prendere per origine almeno due capisaldi di quota nota da livellazione di precisione; per l'esecuzione di tracciamenti si dovranno prendere per origine almeno due capisaldi di quota comunque nota.

La livellazione tecnica, da effettuarsi anche lungo la poligonale di precisione, sarà condotta con il metodo della livellazione geometrica con battute dal mezzo. In ogni stazione il livello dovrà trovarsi ad uguale distanza fra le due stadie approssimato a qualche metro e la distanza tra lo strumento e la stadia non dovrà superare gli 80 m .

La misura del dislivello dal caposaldo iniziale al caposaldo finale dovrà essere eseguita in andata e ritorno. Dette misure potranno succedersi senza intervallo di tempo e con lo stesso operatore.

La discordanza tra dislivello misurato in andata e quello misurato in ritorno non dovrà superare la tolleranza di mm +/- $18\sqrt{D}$, dove D è la distanza espressa in chilometri. Nel caso risultasse superiore si ripeterà la misura del tratto. Qualora lungo il percorso della livellazione si trovassero più capisaldi I.G.M. o F.S. di livellazione di ordine superiore, la livellazione si svilupperà tra ciascuna coppia di capisaldi. Qualora la linea di livellazione si chiuda ad anello, l'errore di chiusura deve essere non superiore a mm +/- $13\sqrt{D}$, dove D è il percorso totale espresso in chilometri.

Prima di collegare la livellazione con un caposaldo dell'I.G.M. o F.S. sarà necessario che l'ESECUTORE si assicuri che la quota del caposaldo di riferimento sia rimasta invariata nel tempo.

2.8.2.4 Compensazione di elaborazione dati

Per il calcolo delle quote definitive i dati rilevati, che rientrino nelle tolleranze stabilite, verranno sottoposti a procedura analitica di compensazione e calcolo.

2.8.2.5 Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi

Per la livellazione tecnica l'ESECUTORE predisporrà la seguente documentazione:

- monografie dei capisaldi della livellazione ai quali è stata riferita la nuova operazione;
- monografie dei nuovi capisaldi determinati, secondo le prescrizioni del paragrafo 2.6.4 "MONOGRAFIE";

2.8.2.6 Documentazione topografica

L'ESECUTORE elaborerà e consegnerà la seguente documentazione:

- relazione esplicativa sui criteri adottati e la precisione raggiunta;
- schema su carta topografica in scala 1:25.000 con l'ubicazione dei capisaldi I.G.M. di attacco e del percorso della linea di livellazione;
- monografie dei capisaldi I.G.M. o FS ai quali è stata riferita la livellazione nonché di tutti gli altri ricadenti nel tratto interessato dai rilievi;
- monografie dei capisaldi di livellazione e di eventuali capisaldi messi in opera dall'ESECUTORE lungo il percorso tra caposaldo I.G.M. e caposaldo da collegare, eseguite accuratamente come previsto per i vertici della poligonale;
- riepilogo di ogni linea di livellazione eseguita, con i dislivelli bruti di campagna (andata, ritorno e media) e le distanze di ogni singola battuta;
- calcoli di compensazione per la determinazione delle quote;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- prospetto con le quote e le coordinate dei vertici della poligonale e dei capisaldi di livellazione nonché con le quote del binario in corrispondenza dei medesimi, compresi i relativi calcoli.

Gli elaborati dovranno essere consegnati in originale e due copie, in appositi contenitori con tutte le indicazioni necessarie per la loro esatta individuazione, scritte sia sulla parte laterale che sulla testata dei contenitori stessi.

Le monografie, i calcoli ed il prospetto saranno rilegati a libretto di formato non superiore a cm 21 x 29,7.

2.9 RILIEVI

2.9.1 RILIEVI CELERIMETRICI DI DETTAGLIO

L'ESECUTORE per la rappresentazione del terreno in prossimità dell'innesto delle opere d'arte principali di progetto (es.: ponti, viadotti, gallerie, muri di sostegno) oppure per il rilievo di opere d'arte esistenti e di aree a specifica sistemazione da modificare o da inserire in cartografia, dovrà eseguire un rilievo con il metodo celerimetrico, idoneo ad una restituzione in scala 1:500 o 1:200, a seconda dei casi, e dovrà porre particolare attenzione al rilievo di eventuali manufatti già esistenti, di aree ferroviarie e degli elementi di linea in esse ricadenti, di infrastrutture varie, di corsi d'acqua.

2.9.1.1 Scelta dei capisaldi di partenza e controllo della conformità degli stessi

L'ESECUTORE assumerà come vertici di partenza i capisaldi delle reti principale e di raffittimento o i nuovi punti trigonometrici posizionati in precedenza verificando che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo e che siano conformi alle monografie o schizzi descrittivi. Nel caso si sia verificato il danneggiamento o la rimozione di un caposaldo, questo verrà scartato e ci si riferirà ad un altro, oppure si controllerà che il caposaldo venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un caposaldo di nuova creazione.

I punti di stazione saranno determinati come previsto nel precedente paragrafo 2.5.4.2 "Punti di stazione".

2.9.1.2 Orientamento iniziale

Da ogni punto di stazione, al fine di trasformare le letture degli angoli orizzontali di direzione in angoli azimutali da utilizzare per il calcolo delle coordinate planimetriche dei punti rilevati, si dovrà collimare ad un punto di coordinate note e ricavare l'angolo di correzione per l'orientamento del cerchio orizzontale come differenza tra il valore azimutale calcolato a partire dalle coordinate del punto collimato e del punto di stazione ed il valore corrispondente dell'angolo di direzione letto.

Tale orientamento andrà verificato su un secondo punto di coordinate note e sarà accettato se la differenza angolare non superi i 20 secondi centesimali.

2.9.1.3 Scelta della strumentazione

Per tutti i lavori di rilievo planoaltimetrico potranno essere utilizzati teodoliti con s.q.m. non superiore ai quindici secondi centesimali accoppiati a distanziometri elettronici di precisione non inferiore a ± mm 5+5 ppm o, in alternativa, total station di prestazioni analoghe. Giornalmente si dovrà verificare che l'indice zenitale presenti un errore di posizione inferiore ai 20 secondi centesimali e che le funzioni di correzione automatica per la curvatura terrestre, altitudine media e indice di rifrazione siano impostate correttamente.

Per quanto riguarda i livelli valgono le prescrizioni date al paragrafo 2.8.1.2.

Per il rilievo di particolari o di manufatti in genere potranno essere utilizzati nastri metallici centimetrati, canne metriche o metri.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

2.9.1.4 Modalità di lettura strumentale e tolleranze, registrazione delle misure, elaborazione dati

I punti da rilevare vanno scelti in modo da registrare ogni variazione dell'andamento altimetrico del terreno che superi un numero di centimetri pari ad N/10, con N uguale al denominatore della scala di restituzione.

Essi saranno tali da poter posizionare ogni manufatto o rete infrastrutturale presente, le linee di confine tra proprietà differenti, le diverse colture e le essenze naturali arborate isolate o in gruppo.

In particolare, nelle aree a uso ferroviario vanno rilevati tutti i punti idonei a definire l'andamento degli assi dei binari, la posizione degli scambi e di ogni altro particolare che sarà concordato preventivamente con FERROVIE.

Il rilievo deve essere effettuato per coordinate polari (distanza, angolo di direzione angolo zenitale, dislivello) a partire da ogni punto di stazione per i punti la cui distanza dal punto di stazione non superi i 300 m collimando al prisma ed effettuando una singola lettura per ciascuna delle grandezze.

La restituzione cartografica deve avvenire dopo aver trasformato le coordinate polari in coordinate di un riferimento orientato in modo assoluto.

Per ognuno dei punti rilevati vanno registrati su apposito supporto (quaderno di campagna, supporto magnetico o registratore dati) i valori delle grandezze relative, idonee alla determinazione della posizione planoaltimetrica rispetto al punto di stazione.

Il piano quotato così ottenuto sarà restituito su adatto supporto cartaceo o magnetico e, ove necessiti, trasformato in curve di livello avendo l'accortezza di conservare, a disegno ultimato, l'indicazione grafica dei punti rilevati.

Le curve di livello saranno distinte in:

- direttrici: con equidistanza pari a un centesimo del denominatore di scala (5 m per la cartografia in scala 1:500; 2m per quella in scala 1:200) e disegnate con linea continua leggermente più marcata delle altre;
- intermedie: per la scala 1:500 con equidistanza pari ad un quinto di quella stabilita per le curve direttrici (1 m); per la scala 1:200 con equidistanza pari ad un quarto (0,5m); esse verranno disegnate con linea continua sottile;
- ausiliarie: con equidistanza pari a 1/2 di quella stabilita per le curve intermedie (0,5 m per la scala 1:500; 0,25 m per la scala 1:200); esse saranno disegnate con linea sottile a tratti.

2.9.1.5 Tolleranze ed elaborazione dati

Per i punti del terreno rilevati sono stabilite le seguenti tolleranze:

- tolleranza planimetrica tra due punti isolati ben individuabili misurati direttamente sul terreno e gli stessi individuati sulla restituzione grafica:

  scala 1:500: $Tp < \pm 10$ cm

  scala 1:200: $Tp < \pm 5$ cm

- tolleranza altimetrica tra due punti analoghi ai precedenti:

  scala 1:500: $Ta \leq \pm 5$ cm

  scala 1:200: $Ta \leq \pm 2$ cm

L'elaborazione dei dati sarà eseguita manualmente o tramite software di sperimentata affidabilità; a richiesta, detto software sarà fornito a FERROVIE per lo svolgimento delle necessarie operazioni di sorveglianza.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

2.9.2 RILIEVO DELLE SEZIONI TRASVERSALI

La scelta ed il controllo della conformità dei capisaldi di partenza, il calcolo dell'orientamento iniziale, la scelta della strumentazione e le tolleranze planoaltimetriche per punti isolati e ben individuati sulla restituzione e sul terreno saranno effettuati secondo quanto prescritto nei precedenti paragrafi 2.9.1.1, 2.9.1.2, 2.9.1.3, e 2.9.1.5.

Per quanto riguarda il rilievo di sezioni trasversali all'asse di progetto,la loro posizione verrà materializzata sul terreno tramite tondini di ferro posti alle estremità delle sezioni stesse e dove necessario.

Detti tondini saranno adeguatamente sporgenti dal terreno (circa 5 cm dal piano campagna) e verniciati di colore intenso per facilitarne il ritrovamento.

2.9.2.1 Rilievo e disegno di sezioni trasversali rispetto all'asse di progetto o esistente.

Il rilievo trasversale del terreno deve avere estensione pari a quella esistente o prevedibile per il corpo ferroviario (piattaforma e scarpate) e prolungato su ciascun lato per almeno 15 m oltre la posizione prevista per la recinzione ferroviaria.

I punti da rilevare dovranno essere scelti in modo tale da registrare ogni variazione dell'andamento altimetrico del terreno compatibilmente con la scala del rilievo (variazione in centimetri pari a N/10 dove N è uguale al denominatore della scala di restituzione).

Le informazioni per il disegno delle sezioni trasversali vanno usualmente desunte dalla planimetria di progetto in scala 1:1000 e restituite in scala 1:200; tuttavia, in corrispondenza dei punti più caratteristici del progetto e in particolari situazioni ambientali esse vanno rilevate direttamente sul terreno.

In tutti questi casi e negli altri in cui si richiede una particolare precisione, costituisce oggetto del rilievo l'andamento del terreno trasversalmente alla linea d'asse di progetto o esistente, così come riportata nella planimetria in scala 1:1000.

Le stazioni dalle quali sarà eseguito il rilievo del terreno debbono essere disposte, finché possibile, sulla linea d'asse o ad una delle estremità delle sezioni stesse; qualora le stazioni non coincidessero con uno degli estremi della sezione, esse vanno materializzate analogamente a quanto disposto per i punti estremi.

Qualora, a causa di particolari condizioni morfologiche locali, non fosse possibile procedere al rilievo dell'intera sezione a partire da un solo punto di stazione, è possibile operare a partire da due differenti punti di stazione, reciprocamente visibili per quanto possibile.

Tutti i punti di stazione debbono essere collegati plano - altimetricamente con la poligonale a lati corti effettuata per il rilievo aerofotogrammetrico relativo alla cartografia in scala 1:1000 o con due capisaldi determinati secondo le prescrizioni dei precedenti paragrafi 2.6.2 “RETE DI RAFFITTIMENTO” o 2.6.3 “RETE GPS DI INQUADRAMENTO E RAFFITTIMENTO”.

Tale collegamento deve avvenire tramite procedura di intersezione in avanti facendo stazione su due vertici della poligonale (o sui due capisaldi), ogni qual volta le condizioni di visibilità lo permettano e la distanza tra i due vertici non superi i 300 metri; negli altri casi il collegamento va sviluppato svolgendo una poligonale aperta vincolata con estremi su due vertici della poligonale suddetta o sui due capisaldi.

Per ogni punto di stazione deve essere redatta una apposita monografia contenente tutte le informazioni idonee a permettere di rintracciarne la posizione, corredata di uno schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti particolari ben riconoscibili sul terreno.

Per le operazioni di rilievo deve essere utilizzato un teodolite con approssimazione angolare al secondo centesimale accoppiato ad un distanziometro elettronico di precisione non inferiore a ± 3 mm + 2ppm.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

E' altresì possibile effettuare il rilevamento con un total station di prestazioni analoghe.

Per ognuno dei punti progressivamente collimati vanno registrati su apposito supporto (cartaceo o magnetico) le grandezze idonee a permettere la determinazione della posizione plano-altimetrica rispetto al punto di stazione.

Le sezioni trasversali, numerate progressivamente, vanno disegnate in scala 1:200 secondo le convenzioni correnti, riferendole ad un sistema cartesiano la cui origine si trovi sulla verticale per l'asse e sulla traccia di un piano orizzontale posto a quota di 5 metri inferiore alla quota minima registrata per uno qualsiasi dei punti della sezione ferroviaria in progetto o del terreno rilevato.

2.9.2.2 Documentazione topografica

L'ESECUTORE, se non diversamente prescritto, durante e al termine delle attività dovrà elaborare i sottoelencati documenti da consegnare a FERROVIE congiuntamente al dossier dell'opera.

Elaborati topografici da produrre:

- disegno delle sezioni in copia cartacea;
- copia dei calcoli svolti per la determinazione delle distanze e delle quote dei diversi punti, compresi quelli di stazione;
- copia conforme all'originale dei libretti di campagna o dei file di registrazione dei dati unitamente alle specifiche per la loro corretta lettura;
- monografia/e del/dei punto/i di stazione contenente tutte le informazioni occorrenti per rintracciare il punto.

2.9.3 TRACCIAMENTI PLANOALTIMETRICI

2.9.3.1 Scelta dei capisaldi di partenza e controllo della conformità degli stessi

L'ESECUTORE assumerà come vertici di partenza i capisaldi delle reti principale o di raffittimento o i nuovi punti trigonometrici posizionati in precedenza, verificando che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo e che siano conformi alle monografie o schizzi descrittivi.

Nel caso si sia verificato il danneggiamento o la rimozione di un caposaldo, questo verrà scartato e ci si riferirà ad un altro, oppure si controllerà che il caposaldo venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un caposaldo di nuova creazione.

2.9.3.2 Orientamento iniziale

Verrà calcolato l'angolo di direzione ad almeno due capisaldi noti. L'orientamento avverrà al caposaldo più lontano dal punto di stazione e si controllerà la veridicità dell'operazione attraverso l'orientamento al caposaldo più vicino.

2.9.3.3 Scelta della strumentazione

Per tutti i lavori di tracciato planoaltimetrico potranno essere utilizzati teodoliti con s.q.m. non superiore ai quindici secondi centesimali accoppiati a distanziometri elettronici di precisione non inferiore a ± mm 5 + 5 ppm o, in alternativa, total station di prestazioni analoghe. Giornalmente si dovrà verificare che l'indice zenitale presenti un errore di posizione inferiore ai 20 secondi centesimali e che le funzioni di correzione automatica per la curvatura terrestre, altitudine media e indice di rifrazione siano impostate correttamente.

Per quanto riguarda i livelli valgono le prescrizioni date al paragrafo 2.8.2.2.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Per il riporto delle misure atte al posizionamento dei riferimenti ed intercorrenti tra la stazione di tracciamento ed il riferimento stesso, per il posizionamento planimetrico di riferimenti altimetrici ed in tutti i casi ove non sia indicato o possibile l'uso del distanziometro elettronico potranno essere utilizzati nastri metallici centimetrati, canne metriche o metri.

2.9.3.4 Calcolo dei valori di tracciamento

Verrà eseguito il calcolo dei valori di tracciamento per il posizionamento dei punti di progetto (o riferimento degli stessi) che permettano la corretta esecuzione delle opere o il controllo di apparecchiature e mezzi d'opera, come ad esempio:

- realizzazione di carpenterie;
- posizionamento di casserature;
- posizionamento di apparecchiature a luce laser per il tracciamento, controllo delle gallerie o guida di macchinari adatti allo scavo delle stesse.

La correlazione tra i dati di progetto e i capisaldi planoaltimetrici dovrà essere documentata in appositi piani di lavoro topografici, redatti e controfirmati dal Topografo Senior responsabile per la topografia, completi di tutti i dati analitici e grafici necessari all'immediato posizionamento dei punti per l'esecuzione dell'opera.

2.9.3.5 Modalità di tracciamento

L'esecuzione del tracciamento planimetrico avverrà per coordinate polari o rettangolari, stazionando su punti di coordinate note.

Al termine delle operazioni di tracciamento delle opere verranno eseguite, dove possibile, misure dirette di controllo sul posizionamento dei riferimenti.

Tutti i riferimenti atti al tracciamento delle opere saranno muniti delle relative indicazioni per l'esecuzione delle stesse che dovranno essere riportate, a seconda dei casi e in maniera inequivocabile, con scritte a vernice di colorazione intensa o pennarello indelebile, poste nelle immediate vicinanze su manufatti, targhette metalliche o picchetti.

Detti riferimenti potranno essere integrati o sostituiti da appositi schizzi o tabelle opportunamente compilate e sottoscritte dal Topografo Senior responsabile per la topografia.

L'esecuzione del tracciamento altimetrico delle opere avverrà tramite livellazione tecnica in andata e ritorno passante per due capisaldi di quota nota.

2.9.3.6 Tolleranze

Per i riferimenti topografici indicati nelle planimetrie di tracciamento delle opere d'arte sono stabilite le seguenti tolleranze:

- Tolleranza planimetrica tra due punti individuati sulla planimetria di tracciamento e sul terreno in fase di costruzione del manufatto o sull'opera d'arte realizzata: $Tp < \pm 5$ cm
- Tolleranza altimetrica tra due punti analoghi ai precedenti: $Ta < \pm 2$ cm

2.9.3.7 Documentazione topografica

L'ESECUTORE, se non diversamente prescritto, durante e al termine delle attività dovrà elaborare i sottoelencati documenti da consegnare a FERROVIE congiuntamente al dossier dell'opera.

Elaborati topografici da produrre:

- grafico su apposita cartografia;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- monografie dei capisaldi di partenza;
- calcolo dell'orientamento iniziale;
- riferimento agli elaborati di progetto;
- calcolo dei valori di tracciamento;
- schizzi o tabelle di riferimento (se redatte).

2.10 RILIEVI TOPOGRAFICI PER VERIFICHE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA DI MANUFATTI FERROVIARI

Le prescrizioni del presente paragrafo si applicano all'esecuzione dei rilievi topografici propedeutici alle verifiche di compatibilità idraulica di manufatti ferroviari e alla produzione degli elaborati di restituzione.

I rilievi, da effettuarsi conformemente al progetto redatto in base agli schemi progettuali forniti da FERROVIE, comprendono le seguenti attività:

1) trilaterazione con metodo GPS e misura GPS su 2 nuovi vertici da materializzare;

2) rilievo delle sezioni trasversali del corso d'acqua;

3) rilievo plano-altimetrico dell'andamento del terreno in corrispondenza del manufatto in verifica;

4) rilievo geometrico dei manufatti individuati in progetto.

Sulla base dei rilievi effettuati dovranno essere redatti, con l'osservanza di tutte le condizioni e norme tecniche di legge vigenti, nonché delle prescrizioni tecniche di FERROVIE, gli elaborati di seguito elencati:

- elenco elaborati, redatto secondo lo schema che sarà consegnato da FERROVIE al momento della consegna delle prestazioni;
- relazione sulle attività di rilievo topografico, illustrante i criteri adottati per l'esecuzione dei rilievi e per i calcoli, nonché le eventuali difficoltà incontrate e le modalità scelte per eliminarle o superarle. Detta relazione conterrà anche considerazioni sui risultati raggiunti, in modo particolare per quanto riguarda la precisione ottenuta. Al suo interno saranno inseriti la planimetria di inquadramento della trilaterazione GPS, nonché gli schizzi planimetrici originali, utilizzati nella gestione delle operazioni di campagna;
- monografie dei capisaldi, contenenti le seguenti informazioni: mese ed anno del rilievo, nome e numero del vertice, lo stralcio di cartografia scala 1:10.000, lo schizzo planimetrico di dettaglio con almeno 3 distanze da punti caratteristici stabili facilmente individuabili sul terreno, una breve descrizione dell'ubicazione del vertice, dell'accesso, del sito e della materializzazione, con esplicita indicazione del Comune, frazione, località e via dove ricade il vertice, coordinate geografiche nel sistema WGS84, ED50 e Roma40, coordinate piane UTM-WGS84 e UTM-ED50, nonché Gauss-Boaga, quota ellissoidica, quota ortometrica, con l'indicazione della metodologia con cui è stata determinata e della precisione relativa, una fotografia della materializzazione sullo sfondo di particolari circostanti di facile individuazione, eventuale grafico degli ostacoli alla ricezione satellitare, eventuali difficoltà riscontrate (accesso, disturbi, ecc.). Per i vertici ricadenti sulla sede ferroviaria dovrà essere indicata anche la quota del piano del ferro antistante;
- schema del rilievo, redatto alla scala 1:25.000;
- planimetria delle sezioni, redatta alla scala 1:10.000 in base alla cartografia esistente (es.: Carta Tecnica Regionale) dove saranno riportate le tracce (in 3D, con z uguale alla quota ortometrica misurata) delle sezioni, con numerazione progressiva da valle verso monte e con frecciatura indicante la posizione dei picchetti;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- sezioni trasversali, alle scale 1:200 (altezze) e 1:2.000 (distanze). Eventuali altre scale, per una adeguata rappresentazione in rapporto all'estensione del rilievo, potranno essere concordate con FERROVIE;
- prospetti delle infrastrutture di attraversamento, nei quali i rilievi (di monte e di valle) saranno montati sulle sezioni adiacenti e riferiti allo stesso sistema di riferimento, in particolare alla stessa origine delle ascisse. Saranno restituiti in scala 1:200, o secondo quanto indicato da FERROVIE, in rapporto alle dimensioni o ad altre circostanze particolari. Tutti i dati rilevati dovranno essere consegnati in formato digitale;

Prima dell'inizio delle attività, l'ESECUTORE concorderà con FERROVIE il progetto di dettaglio dei rilievi che dovrà eseguire, sulla base degli schemi di progetto forniti da FERROVIE. Esso sarà accompagnato da una relazione relativa alla strumentazione che si intende impiegare, alla organizzazione dei rilievi, al software che si intende adottare per il calcolo delle basi, la compensazione e l'elaborazione dei dati, alla codifica dei punti utilizzata nel rilievo e nei calcoli, secondo le indicazioni di FERROVIE. I rilievi saranno appoggiati a vertici di riferimento, le cui coordinate saranno ottenute con strumentazione GPS, secondo la metodologia differenziale statica, a partire da vertici IGM95, secondo quanto riportato nella successiva descrizione delle attività.

Le sezioni adiacenti ai manufatti saranno posizionate parallelamente all'asse dei binari al piede del rilevato di approccio. Le sezioni dovranno essere fornite sia su supporto cartaceo, sia informatico e dovranno essere riportate su cartografia esistente (es. Carta Tecnica Regionale: 1:10.000 o 1:5.000), con frecciatura indicante la posizione dei picchetti.

Nel file della planimetria delle sezioni, le sezioni stesse dovranno essere riportate come polilinee 3D, con coordinata z pari alla quota ortometrica rilevata. Le sezioni idrauliche dovranno essere rilevate e rappresentate con origine nel punto estremo in sinistra idraulica (vista da monte) e numerate da valle verso monte.

I fogli della CTR relativi all'area investigata dovranno essere consegnati a FERROVIE al termine delle prestazioni.

2.10.1 TRILATERAZIONE CON METODO GPS E MISURA GPS SU DUE NUOVI VERTICI DA MATERIALIZZARE.

2.10.1.1 Misura di tre vertici IGM95 e di una coppia di nuovi vertici all'interno del triangolo

La trilaterazione dovrà essere realizzata con GPS a doppia frequenza L1 L2 con metodologia statica, occupando 3 vertici IGM 95 che racchiudano nel triangolo da loro formato l'oggetto del rilievo. A insindacabile giudizio di FERROVIE, potrà essere ammessa una tolleranza di posizione, esterna al triangolo formato dai vertici, non superiore ad 1/5 della lunghezza del lato adiacente.

Si dovrà redigere, per sottoporlo alla preventiva approvazione di FERROVIE, un grafico in scala 1:25.000 dei vertici I.G.M.95 utilizzabili, dopo aver provveduto a reperire le monografie dei vertici e dei grigliati del vertice o del foglio IGM per il passaggio fra i sistemi di riferimento, copia dei quali sarà consegnata a FERROVIE.

La trilaterazione avverrà con 3 GPS in postazione fissa sui vertici IGM 95 (tempo di occupazione almeno 2 ore, oppure 30 minuti + 5 minuti/km, considerando il vertice IGM 95 più distante) e 1 GPS sulla coppia di vertici da determinare all'interno del triangolo.

La misura dei nuovi capisaldi dovrà essere eseguita con le seguenti fasi di attuazione:

- scelta del posizionamento dei due vertici GPS, da concordarsi con FERROVIE;
- materializzazione e determinazione delle coordinate plano-altimetriche. La distanza dei vertici non dovrà essere inferiore a 200 metri e, inoltre uno dei punti dovrà essere in prossimità del manufatto; la

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

loro materializzazione verrà fatta secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.5.4.1 "Capisaldi". Nel definirne l'ubicazione, dovrà essere verificata l'assenza di campi elettromagnetici o superfici riflettenti che potrebbero causare disturbi nella ricezione del segnale e fenomeni di "percorsi multipli".In fase ricognitiva verrà verificato che il valore del rapporto segnale/rumore risulti sensibilmente superiore ai valori minimi dichiarati dal costruttore dello strumento utilizzato. Nel punto di stazione dovrà essere garantita l'assenza di ostacoli alla ricezione del segnale a partire da un'elevazione minima di 15° (angolo di cut-off). Ostacoli (edifici, alberi, alture, ecc.) potranno comunque essere presenti anche al di sopra di questa elevazione, purché d'entità limitata nel giro d'orizzonte. Di questi ostacoli si dovrà dare indicazione in un diagramma polare, allegato alla monografia del vertice, dal quale risultino le elevazioni e gli azimut;

- determinazione della quota sul livello medio del mare (m.s.l.m.) dei nuovi capisaldi, con l'ausilio del modello di ondulazione del geoide gravimetrico disponibile presso l'IGM. Qualora un vertice delle linee di livellazione di alta precisione dell'IGM si trovi a distanza minore o uguale ad un chilometro da uno dei suddetti capisaldi, la quota ortometrica sarà determinata mediante livellazione geometrica di precisione, secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.8.1;
- redazione per ciascun vertice di un'esaustiva monografia che consenta l'individuazione del punto.

Le stazioni saranno realizzate esclusivamente "in centro" con l'ausilio di treppiede o piastra. L'antenna sarà fissata tramite basetta tricuspide dotata di viti calanti e livella sferica o tramite apparato equivalente che consenta l'orizzontamento e il centramento di precisione. Si dovrà curare in modo particolare la misura del dislivello dal centro di fase dell'antenna alla sommità del centrino che costituisce la materializzazione: tale dislivello sarà misurato in due punti diametralmente opposti dell'antenna, all'inizio della sessione di misura e, con la stessa procedura, alla fine della sessione. Delle quattro misure, tutte registrate, si utilizzerà la media. Qualora le misure dello stesso momento differiscano per più di un centimetro verranno immediatamente ripetute, se invece la media delle misure finali differisce per più di un centimetro da quella delle misure iniziali verrà ripetuta la stazione. Per gli apparati che utilizzano sistemi particolari per la determinazione dell'altezza dell'antenna, la misura andrà comunque eseguita due volte all'inizio della sessione e due volte alla fine con le stesse modalità di validazione suddette.

In presenza di cycle slip o di ostacoli superiori a 15-20 gradi sull'orizzonte dell'antenna o di valori di GDOP e PDOP non ottimali, la durata della sessione di misura sarà convenientemente aumentata rispetto ai valori minimi indicati in precedenza. L'intervallo di campionamento non sarà superiore a 15 secondi. L'intervallo di campionamento non sarà superiore a 15 secondi.

2.10.1.2 Elaborazione delle misure.

Il calcolo delle basi potrà essere eseguito utilizzando le effemeridi trasmesse o quelle precise impiegando il programma fornito dalla Casa Costruttrice dei ricevitori, o un programma specifico purché internazionalmente noto: in questo caso dovrà esserne data preventivamente comunicazione alle FERROVIE nella relazione di progetto per la necessaria autorizzazione. Il software dovrà essere messo a disposizione di FERROVIE per le opportune verifiche e prove.

Le basi calcolate saranno accettate esclusivamente in soluzione fixed, e solo se caratterizzate da indicatori di qualità (quality factor, ratio, varianza, contrast, ecc., a seconda del software utilizzato) che rientrino nei limiti previsti dal software stesso. Le basi che non soddisfino tali requisiti verranno ripetute.

Le coordinate ellissoidiche dei vertici ottenute dalla media delle baseline convergenti sul punto stesso dovranno avere precisioni planimetriche dell'ordine di ± 2 cm ed altimetriche di ± 3 cm. Del calcolo di ciascuna base dovrà essere fornito il file ASCII sintetico riportante le informazioni sostanziali: i codici dei punti collegati, le componenti della base, i loro parametri di precisione (deviazione standard delle componenti, correlazioni o covarianze, modalità di calcolo, fattori di qualità, durata della ricezione, ecc.).Di norma tutti i software d'elaborazione delle basi consentono di produrre tali report riassuntivi. Il nome del file

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

di report richiamerà i codici dei punti collegati dalla base riportata.

La documentazione fornita dovrà consentire di risalire, per ciascuna base, alla sessione durante la quale è stata rilevata.

I dati grezzi acquisiti dovranno essere conservati nella forma originale (binario proprietario) presso l'ESECUTORE e ne dovrà essere consegnata copia a FERROVIE sia in formato binario, sia in formato standard d'interscambio RINEX (compresa la misura dell'altezza sul piano di paragone del punto di riferimento dell'antenna).

2.10.2 SEZIONI TRASVERSALI DEL CORSO D'ACQUA

Le sezioni saranno restituite in scala 1:200 o in ulteriori scale, previo accordo con FERROVIE, per casi particolari, nella posizione e con le indicazioni stabilite da FERROVIE mediante:

- individuazione di due capisaldi per ciascuna sezione, materializzati provvisoriamente con picchetti;
- determinazione delle coordinate plano-altimetriche dei due picchetti come vertici di poligonale appoggiata ai capisaldi di riferimento, garantendo precisioni planimetriche dell'ordine di ± 3 cm ed altimetriche di ± 5 cm;
- calcolo delle distanze parziali, dei dislivelli, delle quote altimetriche dei punti intermedi;
- restituzione dei dati del profilo sotto forma di tabella Excel, in cui per ciascun punto dovrà essere riportata progressiva e quota; dovranno essere evidenziati i punti che corrispondono ai picchetti di sezione, almeno per i quali dovranno essere riportate anche le coordinate piane;
- restituzione grafica e disegno in scala adeguata stabilita da FERROVIE.

Come controllo qualità, all'inizio di ogni sessione di lavoro dal caposaldo di riferimento si rileverà l'altro caposaldo, verificando la precisione della misura ottenuta; si compilerà altresì la scheda di campagna, riportando anche i dati relativi all'altezza dello strumento. Il rilievo angolare sarà effettuato con il metodo delle osservazioni a strati, eseguendo da ogni stazione almeno quattro strati di letture azimutali. I vari strati forniranno i valori degli angoli che, per essere mediabili, non dovranno presentare uno scarto superiore a 20 secondi centesimali. Le osservazioni che superino tale valore andranno ripetute. Devono essere utilizzati teodoliti che consentano una precisione angolare non superiore ai due secondi centesimali, accoppiati a distanziometri elettronici di precisione non inferiore a ± mm 3 + 2 ppm. In alternativa sarà possibile utilizzare total station con prestazioni analoghe o superiori.

Le tolleranze di chiusura sui capisaldi vengono stabilite come segue:

- $\Delta\,\alpha$(errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali) = 0c,0012$\sqrt{n}$
- Δ L (errore di chiusura lineare espresso in metri)= ± [0,009 $\sqrt{\sum l}$ + 0,003 n + 0,002 $\sum l$]
- n = numero dei vertici della poligonale;$\sum l$ = sommatoria della lunghezza dei lati espressa in km.

La livellazione geometrica tecnica, da effettuarsi lungo le poligonali, sarà condotta con il metodo della livellazione geometrica con battute dal mezzo. In ogni stazione il livello dovrà trovarsi a eguale distanza dalle due stadie, con approssimazione non superiore al metro, e la distanza tra lo strumento e la stadia non dovrà superare gli 80 m.

La misura del dislivello dal caposaldo iniziale al caposaldo finale dovrà essere eseguita in andata e ritorno. Dette misure dovranno succedersi senza intervallo di tempo e con lo stesso operatore. La discordanza tra dislivello misurato in andata e quello misurato in ritorno non dovrà superare la tolleranza di mm ± 18 $\sqrt{D}$, dove D è la distanza espressa in chilometri. Nel caso risultasse superiore si ripeterà la misura del tratto.

Sarà eseguita con un livello fornito di bolla con centramento a coincidenza e sensibilità non inferiore a 20"

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

per 2 mm di spostamento o dispositivo autolivellante equivalente, ingrandimento circa 25x, stato di rettifica controllato all'inizio dei lavori.

Le coppie di stadie dovranno avere: graduazione centimetrata su legno o metallo, preferibilmente di un pezzo unico, livella sferica per la posa verticale.

Per le livellazioni tecniche è consentito l'utilizzo di autolivelli a lettura digitale e di stadie a barre, purché garantiscano precisioni analoghe o superiori ai livelli tradizionali.

In alternativa il rilievo dei capisaldi di sezione potrà essere effettuato con il metodo GPS in modalità rapido-statica.

Le osservazioni eseguite dalla stessa stazione si scriveranno su un unico libretto, insieme all'altezza strumentale sul piano di paragone del vertice di stazione, all'ora in cui le osservazioni sono state fatte, alla pressione atmosferica e alla temperatura. Potrà alternativamente essere utilizzato un registratore di dati che per analogia verrà chiamato "Libretto Elettronico di Campagna" (L.E.C.).

Il riferimento al file di dati della sessione sarà inserito nella scheda giornaliera di controllo qualità.

I punti intermedi della sezione, per i quali si richiede precisione planimetrica di ± 5 cm e altimetrica di ± 30 cm, devono essere determinati con metodo celerimetrico, idoneo alla restituzione numerica in scala 1:200, facendo stazione sui picchetti, o, in alternativa, con metodo GPS cinematico o RTK.

La densità dei punti intermedi da rilevare deve essere tale da rappresentare adeguatamente le variazioni del profilo del terreno, tenendo conto degli elementi che determinano variazioni di quota localizzate (rilevati stradali, argini, reticolo idrografico minore, bordi di terrazzi geologici, ecc..) In ogni caso la densità dei punti deve essere tale da definire l'andamento del profilo del terreno con un punto ogni 50 cm di variazione altimetrica.

Per il rilievo dei punti al di sotto della superficie liquida (punti batimetrici), l'attività dovrà essere svolta secondo le prescrizioni del paragrafo 3.5.5.1 "Rilievo batimetrico per profili della spiaggia sommersa e per sezioni trasversali dell'alveo fluviale"della PARTE SECONDA – SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE del presente Capitolato.

Deve inoltre essere quotato il livello idrometrico a inizio e fine della misurazione con annotazione della data e dell'ora di misurazione.

Si dovrà eseguire per ogni sezione almeno una fotografia delle operazioni di misura.

2.10.3 RILIEVO PLANO-ALTIMETRICO PER VERIFICHE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA DI MANUFATTI FERROVIARI.

Il rilievo sarà restituito alla scala di 1:500.

I punti da rilevare vanno scelti in modo da registrare ogni variazione dell'andamento altimetrico del terreno che superi un numero di centimetri pari ad N/10, con N uguale al denominatore della scala di restituzione.

La planimetria dovrà contenere:

- la quota del pelo dell'acqua
- una quota sulla sommità di ciascun eventuale fabbricato (piano terrazzo di copertura o linea di gronda sui fabbricati coperti con tetti);
- tutti gli elementi base del rilievo ricadenti nell'area coperta dal piano quotato, i capisaldi, le sezioni (riportate come polilinee 3D), i picchetti, nonché le particolarità topografiche e gli elementi geografici con la relativa nomenclatura;
- le quote del piano del ferro, che saranno indicate tra parentesi;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- l'ingombro in pianta delle fondazioni, delle pile e delle spalle del ponte;
- la toponomastica;
- le colture e le specie arboree principali.

2.10.4 RILIEVO GEOMETRICO DI UN MANUFATTO DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO.

Il rilievo sarà restituito in scala 1:200, appoggiato ai nuovi capisaldi, con le medesime tolleranze (± 3 cm in planimetria e ± 5 cm in altimetria) e avvertenze previste per i capisaldi delle sezioni del corso d'acqua secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.10.2.

Per ogni prospetto saranno battuti almeno 19 punti topografici, con stazione totale o con strumentazione GPS modalità RTK.

Dovranno essere rilevate nel dettaglio le spalle, compresi pulvini, riseghe e parti fuori terra delle fondazioni, in più andrà rilevato per ciascun prospetto un punto all'intradosso e uno all'estradosso dell'impalcato, due punti sul p.f. (sul piano stradale o in banchina per i manufatti stradali), uno a ciascuna estremità del manufatto, e un punto sul p.f. (sul piano stradale o in banchina per i manufatti stradali) per ciascun rilevato di approccio, in corrispondenza dei punti estremi della sezione di monte, per un totale di 38 punti, per i manufatti a campata unica e per le prime campate dei manufatti a più campate.

Per le campate aggiuntive dei manufatti a più campate dovrà essere rilevata la pila, compresi i pulvini, reseghe e parti fuori terra delle fondazioni, con 8 punti per ciascun prospetto o 12 punti se le fondazioni sporgono dal fondo alveo, in più andrà rilevato per ciascun prospetto un punto all'intradosso e uno all'estradosso dell'impalcato, per un totale di 28 punti.

CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI

PARTE II - SEZIONE 3
RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE

3.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
3.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
3.3 DEFINIZIONI
3.4 ABBREVIAZIONI
3.5 RILIEVI GEOLOGICI
3.6 PROSPEZIONI GEOFISICHE
3.7 INDAGINI GEOGNOSTICHE
3.8 PROVE GEOTECNICHE IN SITO
3.9 PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/06/14	Emissione per Applicazione	L.Mostocotto A.Bianchi S.Gorelli G.Manfroi V.Morelli C.Perosa	L.Mostocotto R.Esposito	P.Firmi

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

INDICE

3.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE 8

3.1.1 CAMPO DI APPLICAZIONE 8

3.1.2 GENERALITA' 8

3.1.2.1 Programma e modalità operative 8
3.1.2.2 Coordinamento tecnico 9
3.1.2.3 Confezionamento e conservazione dei campioni 9
3.1.2.4 Elaborati da consegnare 9
3.1.2.5 Prestazioni in regime di qualità 9

3.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO 10

3.2.1 NORMATIVE DI RIFERIMENTO 10

3.2.1.1 Normativa Nazionale 10
3.2.1.2 Normativa Europea 10
3.2.1.3 Normativa Internazionale 13
3.2.1.4 Documentazione Tecnica 15

3.3 DEFINIZIONI 17

3.4 ABBREVIAZIONI 17

3.5 RILIEVI GEOLOGICI 18

3.5.1 PREMESSA 18

3.5.2 ATTIVITÀ PROPEDEUTICHE 18

3.5.2.1 Ricerca bibliografica 18
3.5.2.2 Analisi fotointerpretativa 19

3.5.3 STUDI PRELIMINARI, GENERALI E RILIEVI DI BASE 19

3.5.3.1 Rilievo geologico 19
3.5.3.2 Rilievo geomorfologico 20
3.5.3.3 Rilievo idrogeologico 21
3.5.3.4 Rilievo geomeccanico/geotecnico 21
3.5.3.5 Componente uso reale del territorio 22
3.5.3.6 Rilievi a tema geopedologico 22
3.5.3.7 Documentazione da consegnare 23

3.5.4 RILIEVI DI DETTAGLIO 25

3.5.4.1 Rilievo geologico di dettaglio 25
3.5.4.2 Rilievo geomorfologico di dettaglio 26
3.5.4.3 Rilievo idrogeologico di dettaglio 26
3.5.4.4 Rilievo di sorgenti e dei pozzi 27
3.5.4.5 Rilievo litologico-tecnico di dettaglio 27
3.5.4.6 Rilievo geologico-tecnico di terreni entro scavi esplorativi superficiali 28
3.5.4.7 Rilievo geostrutturale 29
3.5.4.8 Documentazione da consegnare 30

3.5.5 GEOMORFOLOGIA COSTIERA E FLUVIALE 33

3.5.5.1 Rilievo batimetrico per profili della spiaggia sommersa e per sezioni trasversali dell'alveo fluviale. 33

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3.6 PROSPEZIONI GEOFISICHE 36

3.6.1 GEOELETTRICA 36
3.6.1.1 Sondaggi geoelettrici verticali. 36
3.6.1.2 Prospezione geofisica con il metodo elettrico per l'esecuzione di profili di resistività 37
3.6.1.3 Prospezione geofisica con il metodo elettrico, con metodologia tomografica 38
3.6 1.4 Carotaggio geofisico con il metodo elettrico in foro di sondaggio 42

3.6.2 GEOGRAVIMETRIA 43
3.6.2.1 Prospezione geo-gravimetrica 43

3.6.3 GEORADAR 44
3.6.3.1 Rilievo elettromagnetico con metodo radar 44

3.6.4 GEOSISMICA 46
3.6.4.1 Prospezione con metodo sismico a rifrazione 46
3.6.4.2 Prospezione con metodo sismico a riflessione 49
3.6.4.3 Prospezione con tecnica Down-Hole 51
3.6.4.4 Prospezione con tecnica Cross-Hole 53
3.6.4.5 Prospezione geosismica attiva di superficie del tipo Multichannel Analysis of Surface Waves (M.A.S.W.) 54
3.6.4.6 Prospezione geofisica con metodo sismico passivo dei microtremori a rifrazione del tipo Refraction Microtremor (Re.Mi.) 55
3.6.4.7 Prospezione sismica tomografica 56

3.6.5 PROVE SONICHE 58
3.6.5.1 Carotaggio sonico in foro di sondaggio. 58

3.7 INDAGINI GEOGNOSTICHE 59

3.7.1 PERFORAZIONI E SONDAGGI 59
3.7.1.1 Perforazione ad andamento verticale o con inclinazione inferiore o uguale a 15 gradi, eseguita a distruzione di nucleo. 59
3.7.1.1.1 Sondaggio per Indagini Ambientali 63
3.7.1.2 Sondaggio geognostico ad andamento verticale o con inclinazione inferiore o uguale a 15 gradi eseguito a carotaggio continuo. 64
3.7.1.2.1 Sondaggio per Indagini Ambientali 86
3.7.1.3 Cassette catalogatrici atte alla conservazione di almeno 5 metri di carote di terreno provenienti da sondaggi a carotaggio continuo, compresa la fotografia digitale. 88
3.7.1.4 Prelievo a rotazione di campioni indisturbati o a limitato disturbo. 89
3.7.1.5 Prelievo a pressione di campioni indisturbati con campionatore tipo Shelby 90
3.7.1.6 Prelievo a pressione di campioni indisturbati con campionatore tipo Osterberg. 90
3.7.1.7 Prelievo di un campione rimaneggiato di terreno o di uno spezzone di carota lapidea nel corso di sondaggi, compresa la conservazione in idonei contenitori. 90
3.7.1.8 Perforazione a carotaggio continuo, ad andamento anche inclinato, eseguita con corona diamantata in corrispondenza di opere d'arte e strutture in elevazione o in fondazione. 91

3.7.2 SCAVI ESPLORATIVI DI SUPERFICIE E PRELIEVO DI CAMPIONI 92
3.7.2.1 Prelievo di campioni indisturbati da scavo esplorativo di superficie o da parete di fronte di scavo. 92
3.7.2.2 Prelievo di campioni di aggregati depositati in cumulo all'interno di carri ferroviari o di autocarri, presso impianti di frantumazione (produzione) o in opera come massicciata ferroviaria. 94

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3.7.2.3 Prelievo di un campione di terreno per indagini ambientali, compresa la conservazione in idonei contenitori. 95

3.7.3 PRELIEVO DI CAMPIONI IN AMBIENTE COSTIERO E FLUVIALE 96

3.7.3.1 Prelievo di campioni di terreno sciolto in corrispondenza di una spiaggia, di una spiaggia sommersa, del fondo di un alveo fluviale o della sponda di un corso d'acqua . 96

3.7.4 OPERE DI COMPLETAMENTO E SISTEMAZIONE 97

3.7.4.1 Installazione all'interno di fori di sondaggio già eseguiti, di tubi in materia plastica per esecuzione di prospezioni geofisiche in foro. 97

3.7.4.2 Sistemazione al piano campagna della bocca di perforazioni e di sondaggi. 98

3.8 PROVE GEOTECNICHE IN SITO 99

3.8.1 APPARECCHIATURA IN OPERA 99

3.8.1.1 Fornitura e installazione di piezometro a tubo aperto di diametro non inferiore a mm 40. 99

3.8.1.2 Installazione di piezometro con cella tipo Casagrande a doppio tubo. 101

3.8.1.3 Installazione di piezometro elettrico. 105

3.8.1.4 Installazione di tubo inclinometrico. 108

3.8.1.5 Installazione di assestimetro elettromagnetico verticale a tubo corrugato. 112

3.8.1.6 Installazione di assestimetro a piastra. 114

3.8.1.7 Installazione di assestimetro orizzontale a cella idraulica. 116

3.8.1.8 Installazione di estensimetro a cavo. 117

3.8.1.9 Installazione di estensimetro a barra. 118

3.8.1.10 Installazione di estensimetro incrementale. 123

3.8.1.11 Installazione di estensimetro a corda vibrante o di tipo resistivo (barretta estensimetrica) 127

3.8.1.12 Installazione di fessurometro meccanico tridirezionale. 130

3.8.1.13 Installazione di fessurometro meccanico monodirezionale. 131

3.8.1.14 Installazione di fessurimetro con reticolo graduato. 132

3.8.1.15 Installazione di stazione di convergenza. 133

3.8.1.16 Installazione di cella di pressione. 136

3.8.1.17 Installazione ed esecuzione di prova con martinetto piatto. 138

3.8.2 PROVE PENETROMETRICHE E DILATOMETRICHE CONTINUE 141

3.8.2.1 Prova penetrometrica statica eseguita con dispositivo a punta meccanica (CPT) 141

3.8.2.2 Prova penetrometrica statica eseguita con dispositivo a punta elettrica (CPTE). 143

3.8.2.3 Prova penetrometrica statica eseguita con dispositivo a punta elettrica provvista di piezocono (CPTU). 146

3.8.2.4 Prova penetrometrica dinamica continua (SCPT) eseguita con massa battente pesante (63,5-73 kg). 151

3.8.2.5 Prova penetrometrica dinamica continua (SCPT) eseguita con massa battente medio-leggera (10÷30 kg). 154

3.8.2.6 Prova dilatometrica eseguita con dilatometro piatto tipo Marchetti (DMT). 157

3.8.3 ALTRE PROVE IN SITO 159

3.8.3.1 Prova di carico su piastra da eseguirsi su terreno naturale, su riempimenti compattati o su rilevati, per la determinazione del modulo di deformazione dell'ammasso terroso. 159

3.8.3.2 Prova di carico su piastra da eseguirsi su terreno naturale, su riempimenti compattati o su rilevati, per la determinazione del modulo di reazione k. 162

3.8.3.3 Prova di densità in sito con il metodo della sabbia calibrata, eseguita anche in pozzetto, compresa la fase preliminare di calibrazione della sabbia da eseguirsi in laboratorio. 164

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3.8.3.4 Prova di densità in sito con il metodo del volumometro a membrana, eseguita anche in pozzetto. 166

3.8.4 PROVE IN FORO DI SONDAGGIO 168
3.8.4.1 Prova penetrometrica dinamica tipo SPT (Standard Penetration Test), da eseguire all'interno dei fori dei sondaggi geognostici. 168
3.8.4.2 Prova pressiometrica da eseguire all'interno dei fori dei sondaggi geognostici con pressiometro tipo Menard. 170
3.8.4.3 Prova scissometrica da eseguire all'interno dei fori dei sondaggi geognostici. 174
3.8.4.4 Prova di fratturazione idraulica, da eseguire all'interno di fori di sondaggi geognostici, per la determinazione in sito dello stato di sollecitazione di un ammasso roccioso. 176
3.8.4.5 Prova dilatometrica in roccia, da eseguire all'interno di fori di sondaggi geognostici, per la determinazione in sito delle caratteristiche di deformabilità di un ammasso roccioso. 178
3.8.4.6 Prova di permeabilità tipo Lefranc da eseguire nel corso della perforazione dei fori di sondaggio geognostico. 181
3.8.4.7 Prova di assorbimento d'acqua tipo Lugeon da eseguire nel corso della perforazione dei fori di sondaggio geognostico. 184
3.8.4.8 Misura di velocità di flusso idrico da eseguirsi con apposito micromulinello, nell'interno dei fori di sondaggio geognostico. 188
3.8.4.9 Rilievo televisivo eseguito all'interno di un foro di sondaggio, comunque orientato. 190

3.9 PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO 193

3.9.1 IDENTIFICAZIONE E DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLE TERRE 193
3.9.1.1 Apertura campione di terra, indisturbato o a limitato disturbo, compreso l'esame qualitativo preliminare, la descrizione litologica e la determinazione della consistenza con penetrometro e scissometro tascabili. 193
3.9.1.2 Determinazione del contenuto naturale in acqua, media di tre misure. 193
3.9.1.3 Determinazione della massa volumica apparente (peso volume) mediante fustella tarata o pesata idrostatica su campione paraffinato. 194
3.9.1.4 Determinazione della massa volumica reale dei granuli con picnometro. 194
3.9.1.5 Determinazione dei limiti di Atterberg. 194
3.9.1.6 Determinazione del limite di ritiro. 194
3.9.1.7 Analisi granulometrica meccanica eseguita mediante setacci. 194
3.9.1.8 Analisi granulometrica per sedimentazione secondo il metodo del densimetro o della pipetta 195
3.9.1.9 Prova di permeabilità mediante permeametro a carico costante o variabile 195
3.9.1.10 Determinazione ponderale dei solfati e cloruri 195
3.9.1.11 Determinazione del contenuto in carbonati. 195
3.9.1.12 Determinazione del contenuto in sostanze organiche 195
3.9.1.13 Determinazione del pH con il metodo colorimetrico o con pH-metro 196
3.9.1.14 Determinazione dell'umidità di campo (Field Moisture Equivalent of Soils) 196

3.9.2 DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE, CHIMICHE E PETROGRAFICHE DI ROCCE E AGGREGATI 196
3.9.2.1 Determinazione del contenuto naturale d'acqua, media di tre misure 196
3.9.2.2 Determinazione della massa volumica apparente su provini squadrati o informi 196
3.9.2.3 Determinazione della massa volumica apparente di aggregati (massa in mucchio) 196
3.9.2.4 Determinazione della massa volumica reale 196
3.9.2.5 Analisi granulometrica per vagliatura mediante setacci serie UNI, ASTM o BS 197
3.9.2.6 Determinazione dei coefficienti di forma e di appiattimento 197

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3.9.2.7 Determinazione macroscopica dei caratteri litologici di una roccia 197
3.9.2.8 Analisi petrografica mediante determinazione microscopica su sezione sottile dei componenti mineralogici di campioni di roccia, compresa la preparazione di una sezione sottile 197
3.9.2.9 Determinazione dell'assorbimento d'acqua 198
3.9.2.10 Analisi diffrattometrica su campione di roccia per la identificazione e la determinazione percentuale dei minerali presenti 198
3.9.2.11 Determinazione dell'equivalente in sabbia mediante tre prove 199
3.9.2.12 Determinazione del contenuto di impurezze organiche 199
3.9.2.13 Determinazione del contenuto di solfati solubili di un aggregato 199
3.9.2.14 Determinazione del contenuto di cloruri solubili di un aggregato 199
3.9.2.15 Determinazione del tenore in silice 199
3.9.2.16 Determinazione del tenore in carbonati totali 200
3.9.2.17 Determinazione del modulo di finezza, esclusa la setacciatura 200
3.9.2.18 Determinazione della resistenza alla degradazione mediante solfati 200

3.9.3 DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE TERRE 200
3.9.3.1 Prova di compressione ad espansione laterale libera con rilievo delle curve sforzi/deformazioni su un provino di diametro da 35 a 100 mm compresa la determinazione del contenuto in acqua e del peso di unità di volume 200
3.9.3.2 Prova di taglio diretto con scatola di Casagrande su tre provini con rilievo delle deformazioni verticali e delle curve sforzi/deformazioni trasversali nonché determinazione per ogni provino del contenuto in acqua e del peso di unità di volume 200
3.9.3.3 Prova di taglio con apparecchio anulare per la determinazione della resistenza residua su tre provini con rilievo delle deformazioni verticali e delle curve sforzi/deformazioni nonché determinazione, per ogni provino, del contenuto in acqua e del peso di unità di volume 200
3.9.3.4 Prova di taglio con scissometro da laboratorio (Vane Test), su un provino, compresa la determinazione della resistenza al taglio residua 201
3.9.3.5 Prova di compressione triassiale eseguita su tre provini con rilievo di tutti i diagrammi necessari per l'interpretazione dei risultati 201
3.9.3.6 Prova di compressione edometrica da eseguire su campioni indisturbati secondo uno schema di carico e scarico stabilito dalle Ferrovie 201
3.9.3.7 Determinazione della pressione di rigonfiamento in cella edometrica 201
3.9.3.8 Determinazione del rigonfiamento lineare in cella edometrica 201

3.9.4 DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DI ROCCE E AGGREGATI 202
3.9.4.1 Taglio di provini prismatici, di dimensioni max cm 20 di lato, da blocchi informi di roccia o da spezzoni di carota di roccia 202
3.9.4.2 Carotaggio di provini cilindrici da blocchi informi di roccia o da spezzoni di carota di roccia 202
3.9.4.3 Spianatura e rettifica di provini cilindrici o prismatici di roccia 202
3.9.4.4 Prova di compressione monoassiale su provini di roccia cilindrici o prismatici 202
3.9.4.5 Prova di compressione monoassiale su provini di roccia cilindrici o prismatici, con determinazione della deformabilità orizzontale e verticale (mediante l'applicazione di almeno 4 estensimetri elettrici) e con rilievo del comportamento post-rottura del provino 202
3.9.4.6 Determinazione delle costanti elastiche dinamiche di provini di roccia mediante ultrasuoni utilizzando almeno tre valori diversi di frequenza 203
3.9.4.7 Determinazione della resistenza a trazione con prova indiretta "Brasiliana" su provini di roccia cilindrici 203

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3.9.4.8 Prova di carico puntiforme per la determinazione dell'indice di resistenza "Franklin" (Point Load Strength Test) su provini cilindrici e/o su frammenti informi di roccia 203
3.9.4.9 Determinazione dell'angolo di attrito di base di una roccia mediante "Tilt Test, compreso il taglio a sega della superficie di prova 203
3.9.4.10 Prova di durezza superficiale su roccia e/o struttura muraria mediante impiego di sclerometro (martello di Schmidt) 203
3.9.4.11 Determinazione del coefficiente di abrasione "Los Angeles" 204
3.9.4.12 Prova di compressione triassiale a velocità di deformazione controllata su provini di roccia con installazione di almeno 4 estensimetri elettrici di misura delle deformazioni longitudinali e trasversali all'asse di carico 204
3.9.4.13 Prova di taglio su giunti di roccia compresa la determinazione della resistenza residua 204
3.9.4.14 Prova di durabilità (Slake Durability Test) su materiale lapideo 205
3.9.4.15 Prova di costipamento di una terra per la determinazione della densità massima e dell'umidità ottimale mediante prova ASSTHO Standard o modificata eseguita su almeno 5 provini 205
3.9.4.16 Determinazione dell'indice "CBR" su un provino preparato in laboratorio mediante compattazione ed imbibizione in acqua per 4 giorni 205
3.9.4.17 Determinazione della resistenza al gelo di un aggregato 205
3.9.4.18 Determinazione della resistenza al gelo di pietre da costruzione, lastre da pavimentazione, da eseguire su 24 provini cubici di lato 71 mm per le rocce a grana fine e mm 100 per le rocce a grana grossa mediante prove di compressione su provini asciutti, provini saturi d'acqua e su provini sottoposti a cicli di gelo e disgelo 206

3.9.5 DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE CHIMICHE, FISICHE E BIOLOGICHE DI ACQUE NATURALI 206

3.9.5.1 Prelievo di un campione d'acqua da pozzi, piezometri, corsi d'acqua ecc. raccolto in contenitore sterilizzato di vetro o di materiale plastico a chiusura ermetica 206
3.9.5.2 Determinazione del contenuto in cloruri. 206
3.9.5.3 Determinazione del contenuto in solfati. 206
3.9.5.4 Determinazione del contenuto in solfuri. 206
3.9.5.5 Determinazione del contenuto in carbonati. 206
3.9.5.6 Determinazione del contenuto in bicarbonati. 207
3.9.5.7 Determinazione del contenuto in CO2 libera. 207
3.9.5.8 Determinazione del contenuto in nitrati. 207
3.9.5.9 Determinazione del contenuto in nitriti. 207
3.9.5.10 Determinazione della durezza. 207
3.9.5.11 Determinazione del pH. 207
3.9.5.12 Analisi batteriologica con determinazione di coliformi totali, coliformi fecali, streptococchi e salmonelle. 207
3.9.5.13 Determinazione della conducibilità e della temperatura. 208
3.9.5.14 Determinazione del contenuto in calcio. 208
3.9.5.15 Determinazione del contenuto in magnesio. 208
3.9.5.16 Determinazione del contenuto in sodio. 208
3.9.5.17 Determinazione del contenuto in potassio. 208

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Il presente capitolato definisce le procedure e le metodologie per l'esecuzione di rilievi geologici, geomorfologici ed idrogeologici, di indagini geognostiche e geofisiche, di prove geotecniche in sito e di laboratorio.

Per ciascuna attività è sinteticamente riportata una parte generale riguardante la finalità dell'indagine, o della prova, o del tipo di rilievo da eseguire, le normative e/o raccomandazioni di riferimento, la descrizione delle caratteristiche delle attrezzature da utilizzare, le modalità operative e la documentazione da consegnare a Ferrovie al termine o durante le indagini medesime.

3.1.1 CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione di capitolato si adotta per rilievi geologici, indagini geognostiche e geofisiche, prove in sito e di laboratorio che usualmente vengono effettuate per la progettazione di infrastrutture ed opere civili, nel rispetto dei dettami del D.lg. 12/04/06, n. 163 (Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE - G.U. n. 100 del 2 maggio 2006) ed in particolare di quanto indicato agli artt. 1,8,9,13,93 e all'Allegato XXI, e del relativo regolamento di esecuzione ed attuazione (DPR 207 del 05/10/2010).

3.1.2 GENERALITA'

Nelle prescrizioni facenti parte del presente capitolato, per brevità ed uniformità, è solitamente indicato con il termine generico di "Ferrovie", RFI S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (Direzione lavori, Alta sorveglianza).

Analogamente per la parte esecutrice è usato il termine generico di "Esecutore", che sta ad indicare il soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor ,Contraente Generale).

Per quanto concerne indagini, rilievi e prove di particolare specializzazione non contenute nel capitolato, dovrà prevedersi di volta in volta un'apposita documentazione da sottoporre all'approvazione delle Ferrovie. L'utilizzo di innovazioni tecnologiche, migliorative, che potranno intervenire nel corso di validità del presente capitolato, relativamente ad attrezzature, modalità di esecuzione di indagini, rilievi, prove in sito e in laboratorio, dovrà essere approvato da Ferrovie.

3.1.2.1 Programma e modalità operative

Tutte le prestazioni riportate nel presente capitolato dovranno essere preventivamente ed espressamente ordinate o comunque autorizzate da Ferrovie e dovranno essere eseguite secondo le modalità operative indicate.

Detta espressa e preventiva autorizzazione si intende riferita anche a particolari operativi quali:

- estensione e confini delle aree degli studi di tipo cartografico;
- numero, ubicazione, tipologia e profondità di sondaggi e prove in sito;
- numero, lunghezza, ubicazione e disposizione di basi o di stazioni geofisiche in superficie ed in foro;
- tipologia e metodologia di prove in sito di qualunque genere;
- ubicazione e dimensionamento di sezioni, aree, o tratti da indagare con misure in sito;
- tipo, ubicazione e numero di apparecchiature di misura da installare in sito;
- tipologia del/dei sistemi di acquisizione dei dati.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3.1.2.2 Coordinamento tecnico

Indipendentemente dalla sorveglianza e dal controllo che sarà svolto dal personale tecnico di Ferrovie, i rilievi, le indagini, le prove e le misure in sito dovranno essere condotti da professionisti e tecnici specializzati, dotati di competenza e esperienza, e dovranno essere responsabilmente diretti da un Geologo, abilitato all'esercizio della professione.

In particolare detto professionista sarà responsabile delle operazioni di campagna (rilievi tematici, sondaggi, prove in sito, ecc.) per l'esatta classificazione dei terreni oggetto di indagine nonché per gli aspetti geologici, idrogeologici e geotecnici delle installazioni, delle prove e delle misure in sito, e, più in generale, dell'individuazione del modello geologico-strutturale, idrogeologico e geotecnico/geomeccanico della porzione di territorio, in superficie ed in profondità, oggetto dell'indagine.

3.1.2.3 Confezionamento e conservazione dei campioni

Tutti i campioni prelevati dovranno essere confezionati in contenitori adatti recanti ciascuno le indicazioni atte a consentire la localizzazione del campione (data del prelievo, cantiere, numero del sondaggio, profondità di prelievo, direzione di prelievo delle carote, ecc.). I campioni indisturbati di terreno o roccia, comunque prelevati, dovranno essere racchiusi in contenitore rigido, sigillato con paraffina onde mantenerne invariati la tessitura e il contenuto di umidità al momento del prelievo. Ciascun contenitore dovrà essere etichettato con le indicazioni per l'individuazione del campione e del sito di prelievo, le caratteristiche geotecniche approssimate, il tipo di campionatore impiegato, la data del prelievo. Tutti i campioni dovranno essere conservati in locali riparati dalle intemperie e da eccessivo calore, anche artificiale e da possibili infiltrazioni d'acqua. L'Esecutore dovrà provvedere a sua cura e spese al trasporto di tutti i campioni nel luogo che sarà indicato da Ferrovie o al laboratorio che eseguirà le prove geotecniche.

3.1.2.4 Elaborati da consegnare

Al completamento delle indagini l'Esecutore dovrà consegnare a Ferrovie tutti gli elaborati indicati nel paragrafo "Documenti da consegnare", nessuno escluso, redatti utilizzando i simboli grafici in uso presso Ferrovie. Tali elaborati, salvo diversa disposizione, potranno essere riuniti in un unico fascicolo, ordinati in maniera logica, per categoria o per oggetto di indagine.

In generale, oltre a quanto indicato nelle specifiche attività, l'Esecutore dovrà consegnare una relazione conclusiva nella quale saranno descritte le indagini eseguite, le attrezzature impiegate, le modalità esecutive adottate, i criteri e gli algoritmi adottati nelle elaborazioni, e saranno riassunte le risultanze delle indagini medesime ponendo in evidenza gli elementi di maggiore interesse o le eventuali necessità di approfondimento di indagine. Tale relazione dovrà essere corredata, oltre che dagli elaborati indicati nelle avvertenze specifiche, da grafici, tabelle e fotografie ritenute utili ai fini della completezza e della chiarezza di esposizione oltre che da certificati di taratura delle attrezzature impiegate o loro copia conforme e nel caso di installazione di sensori ed apparecchi di monitoraggio le loro caratteristiche tecniche.

Tutti gli elaborati saranno consegnati a Ferrovie in due esemplari originali, di cui uno riproducibile, firmati dagli esecutori specialisti e dal Geologo coordinatore dell'Esecutore, salvo diverse disposizioni contrattuali. Inoltre, tutti gli elaborati dovranno essere consegnati su n. 1 supporto digitale (CD, DVD) in formato da concordare preventivamente con Ferrovie.

3.1.2.5 Prestazioni in regime di qualità

Le prestazioni riferite ai rilevamenti geologici, geomorfologici, idrogeologici nonché all'esecuzione delle indagini geognostiche e geofisiche, delle prove in sito ed in laboratorio dovranno seguire procedure gestite in regime di qualità conformemente a quanto stabilito nella norma UNI EN ISO 9001.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo.

Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

3.2.1 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

3.2.1.1 Normativa Nazionale

- D.lgs. 12/04/06 n. 163 - Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE" e s.m.i..
- D.lgs. 9/04/08, n. 81 - Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro
- D.M. 14/01/08 - Nuove Norme Tecniche per le costruzioni
- D.P.R. 05/10/2010, n. 207 - Regolamento di esecuzione ed attuazione del Dlgs. 12/04/06, n. 163
- R.D. n. 2232 del 16/11/1939 - Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione

3.2.1.2 Normativa Europea

- UNI 6135 (1972). Prova di trazione indiretta prova brasiliana
- UNI 11531-1 (2014). Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture - Criteri per l'impiego dei materiali - Parte 1: Terre e miscele di aggregati non legati
- UNI EN 206-1 (2006). Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.
- UNI EN 932-1 (1998) – "Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati. Metodi di campionamento"
- UNI EN 932-2 (2000) – "Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati. Metodi per la riduzione dei campioni di laboratorio"
- UNI EN 932-3 (2004). Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata
- UNI EN 932-5 (2012). Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati - Parte 5: Attrezzatura comune e taratura
- UNI EN 932-6 (2001). Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati: Definizioni di ripetibilità e riproducibilità
- UNI EN 933-1 (2012).. Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati. Parte 1: Determinazione della distribuzione granulometrica - Analisi granulometrica per setacciatura
- UNI EN 933-2 (1997). Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati: Determinazione della distribuzione granulometrica - Setacci di controllo, dimensioni nominali delle aperture.
- UNI EN 933-3 (2012). Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 3: Determinazione della forma dei granuli - Indice di appiattimento
- UNI EN 933-4 (2008).. Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 4: Determinazione della forma dei granuli - indice di forma
- UNI EN 933-5 (2006). Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati: Determinazione della percentuale di superfici frantumate negli aggregati grossi
- UNI EN 933-6 (2003). Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati: Valutazione delle caratteristiche superficiali - Coefficiente di scorrimento degli aggregati

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- UNI EN 933-8 (2012).. Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 8: Valutazione dei fini - Prove dell'equivalente in sabbia
- UNI EN 933-9 (2013).. Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 9: Valutazione dei fini - Prova del blu di metilene
- UNI EN 933-10 (2009). Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 10: Valutazione dei fini - Granulometria dei filler (setacciatura a getto d'aria)
- UNI EN 933-11 (2009).. Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 11:Prova di classificazione per i costituenti degli aggregati grossi riciclati
- UNI EN 1097-1 (2011). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 1: Determinazione della resistenza all'usura (micro-Deval).
- UNI EN 1097-2 (2010). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 2: Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione.
- UNI EN 1097-3 (1999). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati: Determinazione della massa volumica in mucchio e dei vuoti intergranulari.
- UNI EN 1097-4 (2008). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 4: Determinazione della porosità del filler secco compattato.
- UNI EN 1097-5 (2008). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 5: Determinazione del contenuto d'acqua per essiccazione in forno ventilato.
- UNI EN 1097-6 (2013). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 4: Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua.
- UNI EN 1097-7 (2008). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 7: Determinazione della massa volumica dei filler - Metodo con picnometro
- UNI EN 1097-8 (2009). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 8: Determinazione del valore di levigabilità.
- UNI EN 1097-9 (2008). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 9: Determinazione della resistenza all'usura per abrasione da pneumatici chiodati - Prova scandinava.
- UNI EN 1367-1 (2007). Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati - Parte 1 : Determinazione della resistenza al gelo e disgelo
- UNI EN 1367-2 (2010). Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati - Parte 2: Prova al solfato di magnesio
- UNI EN 1744-1 (2013). Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati - Parte 1: Analisi chimica.
- UNI EN 1744-6 (2007). Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati - Parte 6: Determinazione dell'influenza di un estratto di aggregato riciclato sul tempo di inizio presa cemento.
- UNI EN 1744-8 (2012). Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati - Parte 8: Prova di classificazione per determinare il contenuto di metallo da incenerimento nelle ceneri da rifiuti urbani (Aggregati MIBA).
- UNI EN 1936 (2007) "Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione delle masse volumiche reale e apparente e della porosità totale e aperta
- UNI EN 10675 (2010) Acque destinate al consumo umano - Ricerca e conta dei coliformi totali - Tecnica del numero più probabile (MPN)
- UNI EN 10675 (2011) Acque destinate al consumo umano - Ricerca e conta degli enterococchi (streptococchi fecali) - Tecnica del numero più probabile (MPN)
- UNI EN 12504-1 (2009). Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 1: Carote - Prelievo, esame e prova di compressione.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- UNI EN 12504-2 (2012). Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 2 - Prove non distruttive. Determinazione dell'indice sclerometrico.
- UNI EN 12620 (2013). Aggregati per calcestruzzo
- UNI EN 13043 (2013). Aggregati per conglomerati bituminosi e finiture superficiali per strade, aeroporti e altre aree trafficate
- UNI EN 13139 (2003) Aggregati per malta
- UNI EN 13161 (2008) Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a flessione a momento costante
- UNI EN 13242 (2008) Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nelle costruzioni di strade
- UNI EN 13450 (2013). Aggregati per massicciate ferroviarie
- UNI EN 14617-10 (2012) Lapidei agglomerati - Metodi di prova - Parte 10 - Determinazione della resistenza chimica
- UNI EN 27888 (1995). Qualità dell'Acqua - determinazione della conducibilità elettrica
- UNI EN ISO 7980 (2002) Qualità dell'acqua - Determinazione di calcio e magnesio - Metodo per spettrometria di assorbimento atomico
- UNI EN ISO 9963-2 (1998). Qualità dell'acqua - Determinazione dell'alcalinità - Determinazione dell'alcalinità carbonatica
- UNI EN ISO 14688-1 (2013). Indagini e prove geotecniche-Identificazione e classificazione dei terreni – Parte 1: Identificazione e descrizione
- UNI EN ISO 14688-2 (2013). Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 2: Principi per una classificazione
- UNI EN ISO 22476-5 (2013) – Prova con dilatometro flessibile.
- UNI EN ISO 22476-12 (2009). Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 12: Prova meccanica di penetrazione del cono (CPTM)
- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- UNI ENV 1997-3 (2002) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 3: Progettazione assistita con prove in sito".
- UNI ENV 1998-5 (2005) - Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture e contenimento ed aspetti geotecnici
- UNI ISO 9297:2009 - Qualità dell'acqua - Determinazione dei cloruri - Titolazione con nitrato di argento ed indicatore cromato (Metodo di Mohr)
- UNICHIM, manuale n° 157, 1997 "Acque per il consumo umano e potabilizzazione"
- UNICHIM, metodo MU n° 939:94 "Acque destinate al consumo umano - Determinazione dei nitriti: azoto nitroso - Metodo spettrometrico alla solfanilammide e alla naftilendiammina"
- UNICHIM, metodo MU n° 940:95 Acque destinate al consumo umano - Determinazione dei nitrati e Azoto nitrico - Metodo spettrometrico diretto all'UV
- UNICHIM, metodo MU n° 945:95 "Determinazione dei Solfuri solubili Metodo potenziometrico diretto mediante elettrodo ionoselettivo
- UNICHIM, metodo MU n° 952-1 (2001): "Acque destinate al consumo umano - Ricerca e determinazione dei coliformi totali - Metodo Membrana Filtrante (MF)
- UNICHIM, metodo MU n° 953-1 (2001) Acque destinate al consumo umano - Ricerca e determinazione dei coliformi fecali - Metodo Membrana Filtrante (MF)

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- UNICHIM 953-2 (2001) Acque destinate al consumo umano - Ricerca e determinazione dei coliformi fecali - Metodo Most Probable Number (MPN)
- UNICHIM, metodo MU n° 954-1 (2002):“ Acque destinate al consumo umano - Ricerca e determinazione degli streptococchi fecali - Metodo Membrana Filtrante (MF)
- UNI-UNICHIM 10500 (1996). Acque destinate al consumo umano-misurazione della temperatura
- UNI-UNICHIM 10501(1996). «Acque destinate al consumo – misure del PH – Metodo potenziometrico»
- UNI-UNICHIM 10503 (1996). Metodo per la determinazione della silice contenuta nell'acqua destinata al consumo umano
- UNI-UNICHIM 10507(1996). «Acque destinate al consumo umano – determinazione dell’anidride carbonica libera - Metodo elettrochimico a sonda»
- UNI-UNICHIM 10541 (1996). Acque destinate al consumo umano - Metodo 902 Magnesio
- UNI-UNICHIM 10542 (1996). «Acque destinate al consumo umano- Determinazione del Potassio – Metodo AAS Fiamma»
- UNI-UNICHIM 10543 (1996). «Acque destinate al consumo umano - Determinazione del Sodio - Metodo AAS Fiamma»

3.2.1.3 Normativa Internazionale

- AASHTO, Designation T 93-68. Determinazione della umidità di campo
- A.F.T.E.S., 1992 - Text of recommendations for a description of rock masses useful for examining the stability of underground works
- ASTM 3148- 02. Standard Test Method for Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens in Uniaxial Compression
- ASTM C119-01. Standard Terminology Relating to Dimension Stone.
- ASTM C131-01. Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.
- ASTM C535-01. Standard Test Method for Resistance to Degradation of Large-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.
- ASTM D421-85 (1998). Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants.
- ASTM D422-63 (1998). Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils.
- ASTM D427-98. Test Method for Shrinkage Factors of Soils by the Mercury Method.
- ASTM D653-02. Standard Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids
- ASTM D698-00a. Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12,400 ft-lbf/ft3 (600 kN-m/m3)).
- ASTM D854-00. Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer.
- ASTM D1556-00 – “Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand Cone Method”
- ASTM D1557-00. Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft3 (2,700 kN-m/m^3)).
- ASTM D1586-99 (2001) - "Standard Test Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soil".
- ASTM D1883-99. Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils.
- ASTM D2166-00. Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil.
- ASTM D2216-98. Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- ASTM D2217-85 (1998). Standard Practice for Wet Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soils Constants.
- ASTM D2419-95. Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate.
- ASTM D2434-68 (2000). Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head).
- ASTM D2435-96. Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils.
- ASTM D2487-00. Standard Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System).
- ASTM D2488-00. Standard Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure).
- ASTM D2664-95a. Standard Test Method for Triaxial Compressive Strength of Undrained Rock Core Specimens Without Pore Pressure Measurements.
- ASTM D2845-00. Standard Test Method for Laboratory Determination of Pulse Velocities and Ultrasonic Elastic Constants of Rock.
- ASTM D2850-95 (1999). Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils.
- ASTM D2938-95. Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens.
- ASTM D2974-00. Standard Test Methods for Moisture, Ash, and organic Matter of Peat and Other Organic Soils.
- ASTM D3080-98. Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.
- ASTM D3282-93 (1997). Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes.
- ASTM D3441-98 - "Standard Test Method for Mechanical Cone Penetration Tests of Soil".
- ASTM D4220-95 (2000) – "Standard Practices for Preserving and Transporting Soil Samples".
- ASTM D4318-00. Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils
- ASTM D4373- 02. Standard Test Method for Calcium Carbonate Content of Soils.
- ASTM D4543-01. Standard Practices for Preparing Rock Core Specimens and Determining Dimensional and Shape Tolerances.
- ASTM D4546-96.Standard Test Method for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils – Method A
- ASTM D4546-96.Standard Test Method for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils – Method C.
- ASTM D4644-87 (1998). Standard Test Method for Slake Durability of Shales and Similar Weak Rocks.
- ASTM D4645-87 (1997) – "Standard Test Method for Determination of the In-Situ Stress in Rock Using the Hydraulic Fracturing Method".
- ASTM D4648-00. Standard Test Method for Laboratory Miniature Vane Shear Test for Satured Fine-Grained Clayey Soil.
- ASTM D4719-00 -"Standard Test Method for Prebored Pressuremeter Testing in Soils".
- ASTM D4729-87 (1997). Standard Test Method for In Situ Stress and Modulus of Deformation Using the Flatjack Method.
- ASTM D4767-95. Standard Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils.
- ASTM D4943-02. Standard Test Method for Shrinkage Factors of Soils by the Wax Method.
- ASTM D4972-01. Standard Test Method for pH of Soils.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- ASTM D5079-90 (1996) – "Standard Practices for Preserving and Transporting Rock Core Samples".
- ASTM D5084-00/01. Standard Test Methods for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter
- ASTM D5407-95 (2000). Standard Test Method for Elastic Moduli of Undrained Intact Rock Core Specimens in Triaxial Compression without Pore Pressure Measurement.
- ASTM D5607-02. Standard Test Method for Performing Laboratory Direct Shear Strength Tests of Rock Specimens Under Constant Normal Force.
- ASTM D5731-95. Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock
- ASTM D5777-00 – "Standard guide for using the seismic refraction cone and piezocone penetration testing of soil".
- ASTM D5778-95 (2000) – "Standard Test Method for Performing Electronic Friction Cone and Piezocone Penetration Testing of Soils".
- ASTM D5873-00. Standard Test Method for Determination of Rock Hardness by Rebound Hammer Method.
- ASTM D6032-96 – "Standard Test Method for Determining Rock Quality Designation (RQD) of Rock Core".
- ASTM D6432-99 – "Standard guide for using the surface ground penetrating radar method for subsurface investigation".
- ASTM D6467-99. Standard Test Method for Torsional Ring Shear Test to Determine Drained Residual Shear Strength of Cohesive Soils
- ASTM D6635-01 - "Standard Test Method for Performing the Flat Plate Dilatometer"

3.2.1.4 Documentazione Tecnica

- AGI, 1977. "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche"
- AGI, 1994. Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio
- Barton N.-Choubey V.- "The shear strength of rock joints, theory and practice", Rock Mechanics, vol. 10, 1977
- Bollettino del Servizio Geologico d'Italia, Vol. LXXXIX (1968)- Codice italiano di nomenclatura stratigrafica
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes.
- BS 812-1985. Testing aggregates. Method for determination of particle size distribution. Sieve tests.
- BS 812-1988. Testing aggregates. Methods for determination of sulphate content.
- BS 812-1988. Testing aggregates. Methods for determination of water-soluble chloride salts.
- BS 812-1995. Testing aggregates. Methods for determination of density
- CNR-BU n. 22-1972 - Peso specifico apparente di una terra in sito
- CNR-BU n. 25-1972 - Campionatura di terre e terreni
- CNR-BU n. 64-1978 - Determinazione della massa volumica reale dei granuli di un aggregato.
- CNR-BU n. 76-1980 - Determinazione della massa volumica di aggregati assestati con Tavola a scosse.
- CNR-BU n. 92-1983 - Determinazione del modulo di reazione "k" dei sottofondi e delle fondazioni in misto granulare.
- CNR-BU n. 104-1984 - Identificazione delle rocce più comuni impiegate come aggregati stradali.
- CNR-BU n. 146-1992 - Determinazione dei moduli di deformazione Md e M'd mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare
- CNR-IRSA (1976) – Metodi analitici per le acque. Vol. I - II
- ISRM (1974) - "Suggested Methods for Determining Shear Strength", Document 1

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- ISRM (1977) - "Suggested methods for determining hardness and abrasiveness of rocks".
- ISRM (1977) - Suggested Methods for Petrographic Description of Rocks
- ISRM (1978) - Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses
- ISRM (1978) - "Suggested Method for Determining Indirect Tensile Strength by Brazil Test"
- ISRM (1978) - "Suggested Methods for Determining the Strength of Rock Materials in Triaxial Compression"
- ISRM (1978) - "Suggested Methods for Monitoring Rock Movements using Borehole Extensometers".
- ISRM (1978) - "Suggested methods for determining sound velocity"
- ISRM (1979) - "Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials"
- ISRM (1979) - "Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties"
- ISRM (1980) - "Suggested Methods for Pressure Monitoring Using Hydraulic Cells", Document n° 6
- ISRM (1981) - Basic Geotechnical Description of Rock Masses
- ISRM (1983) - "Suggested Methods for Determining the Strength of Rock Materials in Triaxial Compression: revised version"
- ISRM (1985) - "Suggested methods for determining Point Load Strength".
- ISRM (1987) - "Suggested methods for rock stress determination".
- ISRM (1987) - "Suggested methods for deformability determination using a flexible dilatometer"
- ISRM (1993) - "Supporting paper on a suggested improvement to the Schmidt rebound hardness ISRM suggested method with particular reference to rock machineability".
- ISSMFE Technical Committee (1988) – "Standard Penetration Test (SPT: International Reference Test Procedure".
- ISSMFE Technical committee on Penetration Testing (1988) – "Cone Penetration Test (CPT): International Reference Test Procedure"
- ISSMFE Technical Committee on Penetration Testing (1988) -"Dynamic Probing (DP): International Reference Test Procedure".
- Rivista Italiana di Geotecnica - "Raccomandazioni per la misura della resistenza al punzonamento", n° 1, 1994.
- Rivista Italiana di Geotecnica -"Raccomandazioni per determinare la resistenza a compressione monoassiale e la deformabilità dei materiali rocciosi", n° 3, 1994.
- Servizio Geologico Nazionale, 1993 - Guida al rilevamento della carta geologica d'Italia in scala 1:50000
- Servizio Geologico Nazionale, 1994 - Linee guida per il rilevamento della carta geomorfologica d'Italia in scala 1:50000
- Servizio Geologico Nazionale, 1995 - Guida al rilevamento e alla rappresentazione della carta idrogeologica d'Italia in scala 1:50000
- Servizio Geologico Nazionale, 1995 - Guida alla rappresentazione cartografica della carta geologica d'Italia in scala 1:50000
- Standard Methods for the examination of water and wastewater, n° 2320, 18a edizione, 1992.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3.3 DEFINIZIONI

(PER MEMORIA)

3.4 ABBREVIAZIONI

(PER MEMORIA)

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3.5 RILIEVI GEOLOGICI

3.5.1 PREMESSA

Gli studi geologici, in senso lato, devono fornire una descrizione dell'ambiente fisico in cui si inserisce l'opera in progetto e definire in modo rigoroso il modello geologico-strutturale, idrogeologico, geomorfologico e geotecnico/geomeccanico per permettere al progettista di operare le scelte ingegneristiche più idonee alla funzionalità dell'opera stessa anche in riferimento ai richiami contenuti nel DM 14/1/08 "Norme tecniche per le costruzioni"- G.U.n° 25 del 4/2/08.

La cartografia di base necessaria per i rilievi tematici dovrà avere una scala maggiore o uguale a quella indicata dal Dlgs 12/04/06 n. 163 e s.m.i. per le diverse fasi progettuali, il grado di approfondimento dell'esame dei vari tematismi sarà indicato o comunque concordato con le Ferrovie.

L'ampiezza dell'area di studio deve essere tale da includere tutti i fenomeni di tipo geologico, geomorfologico ed idrogeologico che possano avere un riflesso diretto o indiretto sulla progettazione, sulla costruzione e sull'esercizio della linea.

Lo studio, dovrà essere sviluppato su carte tematiche a scala adeguata e dovrà tendere anche alla focalizzazione e risoluzione di problematiche conoscitive e analitiche di determinate aree caratterizzate da situazioni geologico-strutturali, geomorfologiche, idrogeologiche o geotecniche/geomeccaniche di particolare interesse ai fini progettuali, secondo le indicazioni che saranno fornite da Ferrovie. Legende, simbolismi ed ulteriori indicazioni da riportare nelle relazioni e nella cartografia dovranno rispondere a quelle indicate dall'ISPRA (ex SGN).

Le attività di studio e rilievo si dovranno in genere articolare secondo le fasi operative indicate ai successivi paragrafi.

3.5.2 ATTIVITÀ PROPEDEUTICHE

3.5.2.1 Ricerca bibliografica

L'attività dovrà consistere in un esame approfondito della cartografia geologica in senso lato disponibile presso Istituti universitari, di ricerca oppure Enti pubblici, corredata da una revisione critica della bibliografia aggiornata relativa all'area in esame. L'attività è finalizzata al reperimento dei dati e delle notizie riguardanti i caratteri lito-stratigrafici, tettonici, idrogeologici e geomorfologici e, ove disponibili, dei dati di carattere geologico-tecnico.

L'attività riguarderà anche la ricerca, raccolta, analisi e sintesi di studi ed indagini, a carattere geologico-tecnico, relativi a strutture già realizzate, al fine di permettere la predisposizione di un rapporto tecnico nel quale siano raccolte tutte le informazioni di carattere geologico, geomorfologico, idrogeologico, geofisico e geotecnico disponibili, derivanti da studi e indagini in sito e di laboratorio eseguite nella fase progettuale precedente a quella in corso.

Nel caso di progettazione preliminare andranno reperiti studi e ricerche a carattere ingegneristico svolti in precedenza per la progettazione e la realizzazione di opere ferroviarie e/o stradali nell'area in studio o in aree a caratteristiche geologiche similari a quelle per le quali si svolge l'attività di indagine in essere.

Nell'attività è in particolare compresa l'analisi, basata su misure e studi disponibili, del comportamento delle strutture esistenti alla luce dei dati di carattere geologico, idrogeologico, geofisico e geotecnico.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3.5.2.2 Analisi fotointerpretativa

Lo studio fotointerpretativo deve essere di supporto ai rilievi di campagna e consentire quindi la programmazione del lavoro da svolgere.

Tale attività deve portare all'acquisizione delle seguenti informazioni:

- inquadramento tettonico regionale dell'area in esame con individuazione dei principali elementi tettonici e stratigrafici;
- definizione delle eventuali fasce cataclastiche o milonitiche associate alle lineazioni principali;
- caratterizzazione qualitativa dello stato di fratturazione dell'ammasso roccioso;
- definizione preliminare dei limiti tra le varie litologie affioranti;
- caratterizzazione delle rocce in base all'alterazione e al grado di umidità;
- definizione preliminare delle caratteristiche idrologiche superficiali dell'area;
- definizione degli elementi geomorfologici e delle condizioni di stabilità dei versanti.

L'analisi fotointerpretativa deve essere effettuata utilizzando foto aeree di recente esecuzione e di buona qualità, nelle quali devono essere indicate la data e l'altezza del volo e la scala del rilievo.

Ai fini dell'analisi dell'evoluzione dei processi geomorfici (endogeni ed esogeni) in atto, quiescenti o di riattivazione deve essere effettuato un confronto tra foto aeree eseguite in periodi diversi.

I dati desunti dall'analisi fotointerpretativa possono essere riportati in uno specifico elaborato cartografico (alla scala da definirsi in funzione delle esigenze progettuali) oppure nelle singole note illustrative specialistiche riguardanti i rilievi tematici.

3.5.3 STUDI PRELIMINARI GENERALI E RILIEVI DI BASE

Rilevamenti e studi di carattere geologico applicativo e redazione delle relative carte tematiche a scala uguale o inferiore a 1:5.000.

Il rilevamento dovrà tendere a ricostruire, sulla base delle moderne ipotesi sugli eventi geologici che hanno portato alla formazione dell'attuale struttura geologica interessata dagli studi, il quadro stratigrafico-strutturale regionale, gli aspetti tettonici e la caratterizzazione lito-stratigrafica delle formazioni giungendo alla formulazione di un modello di caratterizzazione in sito degli ammassi rocciosi dal punto di vista strutturale, geolitologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico/geomeccanico.

Il rilevamento e gli studi dovranno fornire la caratterizzazione sismica del sito indicando, inoltre i valori dei parametri richiesti dalla legislatura vigente per la valutazione della pericolosità sismica.

I rilevamenti e gli studi di base, avvalendosi anche delle indagini in sito (di tipo diretto ed indiretto) ed in laboratorio, dovranno evidenziare le eventuali problematiche tecniche connesse all'interazione tra ambiente fisico e opera in progetto sviluppando il programma d'indagine della successiva fase progettuale.

3.5.3.1 Rilievo geologico

Il rilievo geologico deve essere originale e basato sulla cartografia disponibile. Tale rilevamento deve consentire l'acquisizione delle seguenti informazioni:

- riconoscimento e distribuzione delle unità litostratigrafiche affioranti distinte secondo l'ordine gerarchico (supergruppo, gruppo, subgruppo, formazione, membro, strato);
- assetto tettonico dell'area (pieghe, sovrascorrimenti, faglie) e rilievo degli elementi stratimetrici fondamentali (giacitura degli strati, delle superfici di scistosità, delle superfici di clivaggio);
- discontinuità minori (faglie secondarie, fratture, fasce milonitiche o cataclastiche di ridotta estensione);

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- raccolta sistematica di campioni di roccia e terreno rappresentativi per la caratterizzazione mineralogico-petrografica e geocronologica.

La descrizione delle unità litostratigrafiche, utilizzabile per rocce sedimentarie ed adattabile a formazioni composte da altri tipi di rocce, deve comprendere:

- nome della formazione;
- stratotipo;
- affioramenti tipici nell'area in esame;
- caratteri litologici, strutture interne degli strati, spessore e geometria degli strati, strutture direzionali;
- superfici di discontinuità e trasgressione;
- spessore della formazione e sue variazioni;
- rapporto con formazioni sottostanti, sovrastanti e laterali;
- fossili;
- ambiente di deposizione;
- età.

Le unità litostratigrafiche dovranno essere caratterizzate dal punto di vista litologico-tecnico secondo la seguente classificazione base alla quale le rocce sono suddivise nelle classi:

- Rocce rigide (R)
- Massicce (R1)
- Stratificate (R2)
- Marcatamente fissili (R3)
- Complessi a comportamento composito (S)
- Rocce semicoerenti (Ss)
- Alternanze di litotipi a differente comportamento meccanico (St)
- Complessi strutturalmente caotici (Sc)
- Terreni a comportamento granulare (G)
- Depositi marini (Gp)
- Depositi alluvionali (Ga)
- Depositi morenici (Gm)
- Depositi eterogenei di varia origine (Gv)
- Terreni a comportamento plastico (P)
- Terreni organici (T)

3.5.3.2 Rilievo geomorfologico

Il rilievo geomorfologico deve essere originale e basato sulla cartografia disponibile e deve rappresentare, in base allo studio svolto sul territorio, le forme del rilievo terrestre raffigurando i caratteri morfografici e morfometrici. Ne deve interpretare altresì l'origine in funzione dei processi geomorfici (endogeni ed esogeni), passati e presenti, che le hanno generate e ne individua la sequenza cronologica, con particolare distinzione fra forme attive e quelle non attive.

Le informazioni così assunte devono delineare un quadro completo delle caratteristiche geomorfologiche del territorio studiato ed offrire le basi per prevederne l'evoluzione futura.

In particolare il rilievo deve portare all'acquisizione e mappatura, con opportuna simbologia, delle seguenti principali informazioni di pertinenza geomorfologica:

- situazioni di dissesto idrogeologico quali frane, aree in erosione accelerata, aree soggette a caduta massi, aree di esondazione ecc.;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- elementi relativi alla rete idrografica;
- assetto morfometrico relativo alla esposizione dei versanti, alle dimensioni dei morfotipi cartografati ecc.;
- caratteristiche delle aree prevalentemente sottoposte a processi di erosione oppure quelle dominate da processi di deposizione;
- elementi di natura tettonica selezionati, in base a criteri geomorfologici, considerando la loro incidenza sulle forme del rilievo;
- forme in evoluzione per processi attivi o riattivabili;
- caratteristiche dei depositi connessi alla degradazione meteorica delle rocce affioranti differenziati sia su base litologica che su base genetica;
- forme non più in evoluzione e non più riattivabili, nelle condizioni morfoclimatiche attuali, sotto l'azione dello stesso processo morfogenetico principale.

In particolare devono essere evidenziate quelle forme del territorio, suddivise in base alla loro genesi, i cui processi morfogenetici siano distinti in base al loro grado di dinamismo (velocità di evoluzione).

3.5.3.3 Rilievo idrogeologico

Nello studio idrogeologico devono essere presi in considerazione tutti quegli elementi emersi dai rilievi geologico e geomorfologici che possono fornire utili informazioni a definire il modello di circolazione sotterranea.

In particolare devono essere considerati i seguenti principali elementi:

- caratteristiche di permeabilità delle diverse unità litostratigrafiche presenti nell'area in esame;
- caratteristiche della rete idrografica superficiale (andamento dei corsi d'acqua, regime, alveo ecc.) secondo quanto emerso nello studio geomorfologico;
- delimitazione del bacino idrografico principale e dei vari sottobacini;
- individuazione dei punti d'acqua emergenti e no (sorgenti, emergenza di falda, pozzi ecc.);
- linee isopiezometriche distinte ove possibile tra falda superficiale e falda profonda;
- possibile deflusso sotterraneo (es. contatti tettonici, limiti tra formazioni a diverso grado di permeabilità ecc.) in base ai dati raccolti di carattere litostratigrafico ed all'assetto geotettonico.

Il rilievo idrogeologico di campagna deve essere originale e deve comprendere anche la fase di ubicazione e classificazione delle sorgenti presenti (perenni o temporanee, portata media misurata in intervalli di tempo regolari, caratteristiche chimico-fisiche delle acque ecc.), dei pozzi nonché dei punti di emergenza naturale o artificiale della falda acquifera. A tal proposito dovrà essere inoltre valutata l'interferenza dell'opera in progetto con i punti d'acqua censiti in funzione delle leggi nazionali e dei regolamenti regionali.

3.5.3.4 Rilievo geomeccanico/geotecnico

Il rilievo si basa sulla classificazione litologico-tecnica delle unità litostratigrafiche e ne implementa la suddivisione in termini geotecnici/geomeccanici attraverso l'attribuzione di indici di qualità degli ammassi rocciosi e dei terreni sciolti.

In presenza di ammassi rocciosi l'assegnazione di indici di qualità si basa sull'esecuzione in campagna di rilievi geostrutturali a scala mesoscopica che permettano di individuare facies litostratigrafiche omogenee in termini geomeccanici.

I rilievi geostrutturali mesoscopici devono pertanto descrivere l'ammasso in termini di:

- litologia;
- resistenza a compressione;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- stato di fratturazione e natura delle discontinuità (numero di famiglie, giacitura, spaziatura, persistenza, apertura, rugosità, resistenza, grado di alterazione, presenza di riempimento ecc.);
- condizioni idriche.

I dati rilevati in campagna devono essere esaustivi ed utili per potere descrivere gli ammassi in termini di classificazioni geomeccaniche normalmente in uso (classificazione di Bieniawski, di Hoek, di Barton) in base alle quali potranno essere attribuiti gli indici di qualità caratteristici delle unità litotecniche individuate.

Ciascuna stazione di misura dovrà essere caratterizzata da:

- una tabella riassuntiva riportante l'ubicazione della stazione e i risultati delle misurazioni effettuate;
- la proiezioni stereografiche su reticolo equiareale di Schmidt dell'orientazione delle discontinuità rilevate;
- gli indici di qualità degli ammassi rocciosi secondo le classificazioni geomeccaniche concordate con Ferrovie.

In *presenza di terreni sciolti* la caratterizzazione geotecnica dell'orizzonte superficiale dovrà essere eseguita ricorrendo al prelievo di campioni superficiali di terreno (al di sotto dello strato di terreno vegetale) sui quali dovranno essere effettuate le prove geotecniche di caratterizzazione fisica (granulometria, limiti di Atterberg) che permetteranno di suddividere l'area in studio in base alla classificazione USCS (Unified Soils Classifications System).

Ciascuna stazione di misura dovrà essere caratterizzata da:

- una tabella riassuntiva riportante l'ubicazione della stazione e la descrizione del materiale prelevato;
- i risultati delle prove geotecniche di laboratorio;
- la classificazione USCS dei terreni.

3.5.3.5 Componente uso reale del territorio

Per quanto attiene la componente "Uso reale del territorio", gli studi e i rilevamenti saranno eseguiti sulla base di cartografia esistente, rilievi diretti in sito e anche con l'ausilio di fotografie aeree. Essi dovranno avere, in ogni caso, un notevole contenuto di rilevamento diretto in relazione alla peculiarità del tema ed in relazione alla scala di rappresentazione.

Lo studio dovrà essere sviluppato nell'intento di suddividere le aree in funzione della loro reale utilizzazione; si dovranno pertanto evidenziare le zone urbanizzate e/o industrializzate, le zone destinate a coltivazione (suddivise per tipologia), le zone boscose (suddivise per tipologia) e le aree protette.

In particolare, per le zone antropizzate, dovranno essere evidenziate tutte le modificazioni dell'assetto del territorio, quali aperture di scavi o cave, canalizzazioni o sbarramenti, deviazioni di acque superficiali, pavimentazioni di superfici ed estese impermeabilizzazioni, ecc..

Le ulteriori suddivisioni di dettaglio delle zone sopra evidenziate, dovranno essere concordate con le Ferrovie sulla base della specificità dell'area in esame ed in funzione della finalità applicativa del rilievo.

Nella relazione conclusiva e nella cartografia dovranno essere anche evidenziate e delimitate le aree soggette a vincoli descrivendone la natura (idrogeologico, paesaggistico, urbanistico').

3.5.3.6 Rilievi a tema geopedologico

Gli studi e i rilevamenti a tema geopedologico, saranno eseguiti sulla base di cartografia esistente e di rilievi diretti in sito. Il rilievo geopedologico ha lo scopo di definire i vari tipi di suolo originatisi per alterazione del substrato litologico sotto l'azione di fattori biologici, fisici e chimici. I tipi di suolo dovranno essere descritti in base ai processi di formazione che li hanno costituiti (disgregazione e alterazione del substrato roccioso, accumulo di sostanza organica, lisciviazione, eluviazione ecc) e sulla base delle loro proprietà (tessitura,

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

colore, struttura, attività biologica, capacità di scambio cationica ecc). Per la descrizione dei suoli si farà riferimento alle principali classificazioni in uso a livello internazionale quali la classificazione francese, la classificazione statunitense (Soil taxonomy), le classificazioni FAO e FAO-UNESCO; la scelta del sistema classificativo dovrà essere preventivamente concordato con le Ferrovie.

3.5.3.7 Documentazione da consegnare

RELAZIONE GEOLOGICA

Comprendente una sintesi della ricerca bibliografica e dell'analisi fotointerpretativa nonché i risultati dello studio e dei rilievi svolti e di eventuali indagini geognostiche realizzate. La relazione dovrà contenere tutte le informazioni e i dati geologico-tecnici che consentano di individuare i criteri di progetto applicabili nonché i parametri e le modalità esecutive più appropriate al caso in esame con particolare riguardo alla definizione del modello geologico-strutturale di riferimento, dell'assetto lito-stratigrafico e della caratterizzazione litologico-tecnica degli ammassi; dovrà riferire in merito alle caratteristiche geotecniche e geomeccaniche degli ammassi e dei terreni indagati ed alla storia tensionale e allo stato tensionale attuale degli ammassi indagati; dovrà altresì fornire i parametri sismici atti alla individuazione delle categorie sismiche, di sottosuolo e topografiche nonché l'accelerazione sismica di riferimento.

RELAZIONE GEOMORFOLOGICA

Comprendente una sintesi della ricerca bibliografica e dell'analisi fotointerpretativa nonché i risultati dello studio e dei rilievi svolti. La relazione dovrà contenere tutte le informazioni utili riguardanti l'assetto orografico, il reticolo idrografico, le condizioni climatiche, gli aspetti morfologici e morfometrici, i dati litologici e tettonici nonché il quadro morfogenetico e morfoevolutivo dell'area.

RELAZIONE IDROGEOLOGICA

Comprendente una sintesi della ricerca bibliografica e dell'analisi fotointerpretativa nonché i risultati dello studio e dei rilievi svolti. La relazione dovrà contenere tutte le informazioni utili riguardanti l'idrologia di superficie, l'idrologia sotterranea (emergenza di acque sotterranee, caratteristiche degli acquiferi, caratteristiche idrodinamiche, caratteristiche idrochimiche), l'individuazione dei complessi idrogeologici distinti in funzione del loro grado di permeabilità relativa, nonché le opere artificiali e le aree carsiche che interessano l'area.

RELAZIONE LITOLOGICO-TECNICA

Comprendente una sintesi delle analisi e dei rilievi eseguiti per l'individuazione delle unità litostratigrafiche suddivise secondo la classificazione in uso e ne illustrerà le caratteristiche geotecnici/geomeccanici fornendo i parametri utili alla fase progettuale.

CARTA GEOLOGICA

Redatta alla scala di progetto, con indicazione degli affioramenti delle unità tettoniche e litostratigrafiche nonché degli elementi tettonici riconoscibili e cartografabili alla scala di rappresentazione;

CARTA LITOLOGICO-TECNICA DELLE FORMAZIONI AFFIORANTI

Redatta alla scala di progetto, ad indirizzo geotecnico-geomeccanico, gli affioramenti saranno suddivisi secondo la classificazione in uso.

CARTA DEI FOTOALLINEAMENTI

Redatta alla scala di progetto, la carta riporterà la posizione dei fotoallineamenti (linee di faglia, diaclasi, orli di distacco, orli di scarpata, ecc.) desunta dalle foto aeree e sarà suddivisa in aree omogenee per densità, ciascuna delle quali caratterizzata da un diagramma stellare con selezioni direzionali di 10 gradi e con le indicazioni

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

numeriche della densità (Km/Km²) e della frequenza (n/Km²) di fotoallineamenti

CARTA GEOMORFOLOGICA

Redatta alla scala di progetto, riportante tutte le evidenze geomorfologiche relative a morfogenesi di versante, fluviale, costiera, antropica; saranno inoltre evidenziate le aree per le quali non si rileva alcuna presenza di appezzabili processi morfogenetici (A), le aree con processi morfogenetici attualmente non attivi (B) e le aree con processi morfogenetici attivi (C) con l'indicazione del tipo di processo rilevato cartografabile alla scala di rappresentazione.

CARTA IDROGEOLOGICA

Redatta alla scala di progetto, riportante i terreni arealmente suddivisi per tipo e valore qualitativo della permeabilità efficace, le aree di concentrazione superficiale di acqua o a drenaggio difficoltoso, i punti d'acqua superficiali (sorgenti e pozzi), le linee di deflusso superficiale e profondo (presumibile), le linee isofreatiche ed ogni altra informazione utile alla completa rappresentazione (alla scala del disegno) dei modelli idrogeologici individuati. Per la ricostruzione delle isofreatiche verranno utilizzate, ove richiesto da Ferrovie, oltre alle informazioni bibliografiche, quelle desumibili da un censimento diretto dei punti d'acqua (sorgenti, pozzi) che saranno opportunamente indicati in cartografia.

CARTA DELLA ZONAZIONE SISMICA

Redatta alla scala di progetto, con l'indicazione dei principali eventi sismici documentati, dei principali e più frequenti epicentri localizzati, delle aree di frequenza e intensità paragonabili, dei parametri di accelerazione sismica; andrà altresì indicata la zonazione nei confronti delle categorie di sottosuolo valorizzate dei parametri utili alla loro definizione;

CARTA DELL'USO REALE DEL TERRITORIO

Redatta alla scala di progetto, con evidenziazione e delimitazione delle aree soggette a vincoli e relativa descrizione (idrogeologico, paesaggistico, urbanistico'). Con legenda e simbolismi da concordare, di volta in volta, con le Ferrovie.

CARTA GEOPEDOLOGICA

Redatta alla scala di progetto, con l'indicazione dei vari tipi di suolo originatisi per alterazione del substrato litologico sotto l'azione di fattori biologici, fisici e chimici. Con legenda e simbolismi da concordare, di volta in volta, con le Ferrovie.

SEZIONI GEOLOGICHE

In numero, posizione e scala di rappresentazione da concordare con le Ferrovie, dovranno essere rappresentative dell'assetto stratigrafico e tettonico rilevato nell'area di studio.

Nel caso di progettazione con gallerie dovranno essere prodotte almeno una sezione longitudinale ed una trasversale all'asse per ciascuna galleria compresa nell'area oggetto di studio.

SEZIONI IDROGEOLOGICHE

In numero, posizione e scala di rappresentazione da concordare con le Ferrovie, dovranno essere rappresentative dell'assetto idrogeologico rilevato nell'area di studio, con particolare riguardo alla ricostruzione della falda superficiali e di quelle profonde. Nel caso di progettazione con gallerie dovranno essere prodotte almeno una sezione longitudinale ed una trasversale all'asse per ciascuna galleria compresa nell'area oggetto di studio.

FASCICOLI DI SCHEDE TECNICHE

Relative ai punti di riscontro a terra, sia sotto il profilo litologico-tecnico (schede terreni e schede ammassi

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

rocciosi, riportanti i dati desunti da prove di laboratorio o da misure geostrutturali su punti o aree campione) sia sotto il profilo geomorfologico per i dissesti di maggiore interesse (scheda frane), sia sotto il profilo idrogeologico (schede pozzi e schede sorgenti con l'indicazione delle misure effettuate direttamente), la cui redazione dovrà essere preventivamente autorizzata dalle Ferrovie.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Dei punti di riscontro a terra, dei punti di misura, dei punti d'acqua rilevati o di prelievo in campagna indicati nelle schede tecniche con i necessari riferimenti descrittivi per l'univoca correlazione alle schede tecniche relative.

SCHEDE DEI PUNTI D'ACQUA

Schede di tutti i punti d'acqua censiti, pozzi ecc., con indicazione dell'ubicazione cartografica e, ove presenti, delle coordinate GPS.

SCHEDE BIBLIOGRAFICHE

Con i riferimenti di tutto il materiale consultato e della relativa reperibilità.

RELAZIONE CONCLUSIVA

La relazione dovrà contenere tutte le indicazioni rilevate dalle indagini con note illustrative e di commento della cartografia tematica e considerazioni, anche tecnico-economiche, sulle problematiche trattate in relazione alla fase progettuale dell'opera. Inoltre sulla base di tutte le informazioni desunte dallo studio e dai rilievi, dovrà essere proposto un programma di rilievi e di indagini geognostiche per la successiva fase di progettazione.

3.5.4 RILIEVI DI DETTAGLIO

Rilevamento geologico di dettaglio ad indirizzo tecnico e redazione delle relative carte tematiche a scala superiore a 1:5.000.

Il rilevamento di dettaglio andrà eseguito a completamento dei rilievi di base, avvalendosi anche di modelli fisici, tenderà a definire le problematiche conoscitive e analitiche di determinate aree caratterizzate da situazioni geologico-strutturali, geomorfologiche, idrogeologiche o geotecniche/geomeccaniche di particolare interesse ai fini progettuali.

3.5.4.1 Rilievo geologico di dettaglio

Il rilievo geologico, che deve essere originale, deve consentire l'acquisizione delle seguenti informazioni:

- riconoscimento e distribuzione delle unità litostratigrafiche affioranti distinte secondo l'ordine gerarchico supergruppo, gruppo, subgruppo, formazione, membro, strato);
- assetto tettonico dell'area (pieghe, sovrascorrimenti, faglie) e rilievo degli elementi stratimetrici fondamentali (giacitura degli strati, delle superfici di scistosità, delle superfici di clivaggio);
- discontinuità minori (faglie secondarie, fratture, fasce milonitiche o cataclastiche di ridotta estensione);
- raccolta sistematica di campioni di roccia e terreno rappresentativi per la caratterizzazione mineralogico-petrografica e geocronologica.

La descrizione delle unità litostratigrafiche, utilizzabile per rocce sedimentarie ed adattabile a formazioni composte da altri tipi di rocce, deve comprendere:

- nome della formazione;
- stratotipo;
- affioramenti tipici nell'area in esame;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- caratteri litologici, strutture interne degli strati, spessore e geometria degli strati, strutture direzionali;
- superfici di discontinuità e trasgressione, dati di laboratorio;
- spessore della formazione e sue variazioni;
- rapporto con formazioni sotto e sovrastanti e laterali;
- fossili;
- ambiente di deposizione;
- età relativa

3.5.4.2 Rilievo geomorfologico di dettaglio

Il rilievo geomorfologico deve essere originale e basato sulla cartografia disponibile.

Tale rilevamento deve rappresentare, in base allo studio svolto sul territorio, le forme del rilievo terrestre raffigurando i caratteri morfografici e morfometrici, ne deve interpretare altresì l'origine in funzione dei processi geomorfici che le hanno generate e ne individua la sequenza cronologica, con particolare distinzione fra forme attive e quelle non attive.

Le informazioni così assunte devono delineare un quadro completo delle caratteristiche geomorfologiche del territorio studiato ed offrire le basi per prevederne l'evoluzione.

Il rilievo deve portare all'acquisizione e mappatura, con opportuna simbologia, delle seguenti principali informazioni di pertinenza geomorfologica:

- situazioni di dissesto idrogeologico quali frane, aree in erosione accelerata, aree soggette a caduta massi, aree di esondazione ecc.;
- elementi relativi alla rete idrografica;
- assetto morfometrico relativo alla esposizione dei versanti, alle dimensioni dei morfotipi cartografati ecc.;
- caratteristiche delle aree prevalentemente sottoposte a processi di erosione oppure quelle dominate da processi di deposizione;
- elementi di natura tettonica selezionati, in base a criteri geomorfologici, considerando la loro incidenza sulle forme del rilievo;
- forme in evoluzione per processi attivi o riattivabili;
- caratteristiche dei depositi connessi alla degradazione meteorica delle rocce affioranti differenziati sia su base litologica che su base genetica;
- forme non più in evoluzione e non più riattivabili, nelle condizioni morfoclimatiche attuali, sotto l'azione dello stesso processo morfogenetico principale.

In particolare devono essere evidenziate quelle forme del territorio, suddivise in base alla loro genesi, i cui processi morfogenetici siano distinti in base al loro grado di dinamismo (velocità di evoluzione), con particolare riferimento all'identificazione di quelle situazioni di dissesto idrogeologico in atto capaci di condizionare la funzionalità e la stabilità delle opera in progetto.

3.5.4.3 Rilievo idrogeologico di dettaglio

Lo studio idrogeologico deve prendere in considerazione tutti quegli elementi emersi dai rilievi geologico e geomorfologico che possono fornire utili informazioni a definire il modello di circolazione sotterranea.

In particolare devono essere considerati i seguenti principali elementi:

- caratteristiche di permeabilità delle diverse unità litostratigrafiche presenti nell'area in esame;
- caratteristiche della rete idrografica superficiale (andamento dei corsi d'acqua, regime, alveo ecc.) secondo quanto emerso nello studio geomorfologico;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- delimitazione del bacino idrografico principale e dei vari sottobacini;
- individuazione dei punti d'acqua emergenti e no (sorgenti, emergenza di falda, pozzi ecc.);
- linee isopiezometriche distinte eventualmente tra falda superficiale e falda profonda;
- possibile deflusso sotterraneo (es. contatti tettonici, limiti tra formazioni a diverso grado di permeabilità ecc.) in base ai dati raccolti di carattere litostratigrafico ed all'assetto geotettonico.

Il rilievo idrogeologico di campagna deve essere originale e deve comprendere anche la fase di ubicazione e classificazione delle sorgenti presenti (perenni o temporanee, portata media misurata in intervalli di tempo regolari, caratteristiche chimico-fisiche delle acque ecc.), dei pozzi nonché dei punti di emergenza naturale o artificiale della falda acquifera.

3.5.4.4 Rilievo di sorgenti e dei pozzi

Il censimento dei punti d'acqua si esegue a supporto dello studio idrogeologico ed ha lo scopo di individuare le emergenze idriche quali sorgenti e pozzi che concorrono a definire il modello di scorrimento delle acque sotterranee.

Per ciascuna sorgente dovranno essere rilevati i seguenti elementi:

- nome e numero identificativo;
- data del rilievo;
- ubicazione (comune, località, riferimento cartografia IGM, bacino idrografico, coordinate geografiche);
- caratteristiche dell'emergenza (quota, portata di deflusso, ammasso roccioso in affioramento, tipo di sorgente);
- caratteristiche chimico-fisiche (temperatura, pH, conducibilità);
- sezione geologica dell'emergenza

Per ciascun pozzo dovranno essere rilevati i seguenti elementi:

- nome e numero identificativo;
- data del rilievo;
- ubicazione (comune, località, riferimento cartografia IGM, bacino idrografico, coordinate geografiche);
- caratteristiche del pozzo (tipo di falda, quota bocca foro, profondità pozzo, quota livello statico, numero e posizione dei tratti finestrati, quota pompa, quota livello dinamico, portata media di esercizio, durata giornaliera dell'emungimento);
- caratteristiche chimico-fisiche (temperatura, pH, conducibilità);
- stratigrafia del pozzo.

3.5.4.5 Rilievo litologico-tecnico di dettaglio

Il rilievo litologico-tecnico si basa sulla classificazione litologico-tecnica delle unità litostratigrafiche e ne implementa la suddivisione in termini geotecnici/geomeccanici attraverso l'attribuzione di indici di qualità degli ammassi rocciosi e dei terreni sciolti.

Le unità litostratigrafiche dovranno essere caratterizzate da un punto di vista litologico-tecnico secondo la classificazione in base alla quale le rocce sono suddivise nelle classi:

- Rocce rigide (R)
- Massicce (R1)
- Stratificate (R2)
- Marcatamente fissili (R3)
- Complessi a comportamento composito (S)

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- Rocce semicoerenti (Ss)
- Alternanze di litotipi a differente comportamento meccanico (St)
- Complessi strutturalmente caotici (Sc)
- Terreni a comportamento granulare (G)
- Depositi marini (Gp)
- Depositi alluvionali (Ga)
- Depositi morenici (Gm)
- Depositi eterogenei di varia origine (Gv)
- Terreni a comportamento plastico (P)
- Terreni organici (T)

In presenza di ammassi rocciosi l'assegnazione di indici di qualità si basa sull'esecuzione in campagna di rilievi geostrutturali a scala mesoscopica che permettano di individuare facies litostratigrafiche omogenee in termini geomeccanici, questi devono pertanto descrivere l'ammasso in termini di:

- litologia
- resistenza a compressione
- stato di fratturazione e natura delle discontinuità (numero di famiglie, giacitura, spaziatura, persistenza, apertura, rugosità, resistenza, grado di alterazione, presenza di riempimento ecc.)
- condizioni idriche

I dati rilevati in campagna devono essere esaustivi ed utili per potere descrivere gli ammassi in termini di classificazioni geomeccaniche normalmente in uso (classificazione di Bieniawski, di Hoek, di Barton) in base alle quali potranno essere attribuiti gli indici di qualità caratteristici delle unità litotecniche individuate.

Per ciascuna stazione di misura devono essere presentati i seguenti elaborati:

- tabelle riassuntive riportanti l'ubicazione della stazione e i risultati delle misurazioni effettuate;
- proiezioni stereografiche su reticolo equiareale di Schmidt dell'orientazione delle discontinuità rilevate;
- indici di qualità degli ammassi rocciosi secondo le classificazioni geomeccaniche concordate con Ferrovie.

In presenza di terreni sciolti la caratterizzazione geotecnica dell'orizzonte superficiale dovrà essere eseguita ricorrendo al prelievo di campioni superficiali di terreno (al di sotto dello strato di terreno vegetale) sui quali dovranno essere effettuate le prove geotecniche di caratterizzazione fisica (granulometria, limiti di Atterberg) che permetteranno di suddividere l'area in studio in base alla classificazione USCS (Unified Soils Classifications System).

Per ciascuna stazione di prelievo devono essere presentati i seguenti elaborati:

- tabelle riassuntive riportanti l'ubicazione della stazione e descrizione del materiale prelevato;
- risultati delle prove geotecniche di laboratorio;
- classificazione USCS dei terreni.

3.5.4.6 Rilievo geologico-tecnico di terreni entro scavi esplorativi superficiali

Il rilievo geologico-tecnico di uno scavo esplorativo superficiale deve permettere la ricostruzione stratigrafica del primo sottosuolo interessato dallo scavo stesso, con particolare riferimento a:

- spessore e caratteristiche del terreno vegetale o di copertura;
- descrizione stratigrafica dei singoli strati o livelli attraversati;
- rilievo speditivo delle caratteristiche geotecniche/geomeccaniche.

A corredo dell'esame geologico tecnico dello scavo esplorativo, dovrà essere consegnata alle Ferrovie una stratigrafia di dettaglio dei terreni esplorati, completa delle misure geomeccaniche speditive eseguite in sito

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

con l'impiego di strumenti tascabili (penetrometro, scissometro, ecc.) e delle indicazioni relative a presenza d'acqua, di vuoti o di altre particolarità di interesse ai fini dell'indagine.

Se lo scopo dello scavo è il riconoscimento di dettaglio dei principali orizzonti pedogenetici dovranno essere eseguite le seguenti determinazioni aggiuntive:

- spessore e colore dei singoli orizzonti;
- presenza di sostanze organiche, di scheletro sabbioso o ghiaioso e di matrice argillosa e limosa;
- valutazione qualitativa della plasticità, del contenuto d'acqua, della capacità di ritenzione idrica, della permeabilità e delle condizioni di drenaggio;
- presenza di incrostazioni calcaree, gessose o ocracee, di patine argillose, di eventuale abbondanza di minerali percepibili visivamente;
- presenza di materiale di riporto;
- tessitura e stato di aggregazione;
- descrizione dell'origine dei suoli.

3.5.4.7 Rilievo geostrutturale

Il rilievo geostrutturale permette di acquisire mediante misure in sito su fronti di scavo o pareti naturali gli elementi relativi alle caratteristiche geomeccaniche di un ammasso roccioso, inteso come complesso costituito dalla matrice rocciosa e dai piani di discontinuità, al fine di classificarlo mediante indici di qualità.

L'attrezzatura per l'esecuzione del rilievo prevede:

- bussola geologica per le misure di orientazione delle discontinuità nello spazio;
- nastri misuratori e bindelle metrate;
- martello di Schmidt (sclerometro);
- profilometro per la misura della rugosità (pettine di Barton);
- disco (diametro 30 cm) per l'appoggio della bussola;
- point load strength tester.

Le esecuzione del rilievo deve essere conforme alle prescrizioni dell'ISRM richiamate nei Riferimenti, alle quali si rimanda direttamente per quanto non espressamente precisato nel seguito.

Il rilievo si eseguirà materializzando sul fronte da rilevare una linea, della maggior lunghezza possibile, effettuando le misure in corrispondenza dei punti d'intersezione dei piani con la traccia dello stendimento, annotandone la progressiva dall'origine dello stendimento, ma considerando anche tutti gli elementi non direttamente intersecanti la linea ma vicini ed idealmente prolungabili fino all'intersezione.

Si dovranno eseguire stendimenti di misura fra loro tendenzialmente ortogonali, in modo da descrivere compiutamente l'ammasso in senso realisticamente tridimensionale.

Per ciascuna stazione di misura, il numero di stendimenti da eseguire sarà quello necessario per la perfetta caratterizzazione dell'ammasso; il numero e la posizione degli stendimenti in ciascuna stazione di misura dovrà essere preventivamente concordata con ferrovie.

Ogni stazione di misura dovrà essere tale che le analisi effettuate risultino rappresentative di tutta la massa rocciosa oggetto di studio.

Il fronte rilevato dovrà essere accuratamente descritto con il corredo di fotografie (dove saranno visibili le tracce degli stendimenti) e schizzi, precisando dettagliate informazioni sulla litologia, sulle facies, sugli elementi strutturali visibili alla scala dell'affioramento, sulla presenza di acqua e su quanti altri elementi possano concorrere alla comprensione delle caratteristiche geologiche e geomeccaniche d'insieme dell'ammasso roccioso entro il quale sono state realizzate le misure.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Il rilievo lungo ciascuna linea deve definire quanto segue:

- Caratteristiche litologiche: genesi del litotipo, litologia e caratteristiche petrografiche macroscopiche, grado e tipo di cementazione o compattezza, grado di alterazione, colore, assetto generale dell'ammasso come individuabile a scala del fronte;
- Caratteristiche geostrutturali: inclinazione dei piani di discontinuità sull'orizzontale, immersione o azimut della linea di massima pendenza giacente sul piano di discontinuità;
- Caratteristiche geomeccaniche: classificazione dei diversi tipi di discontinuità, suddivisi in discontinuità di strato, di scistosità, di faglia, di frattura. Dovranno essere definite inoltre le caratteristiche dei piani, precisando frequenza, spaziatura, lunghezza, persistenza percentuale rispetto all'affioramento, apertura, continuità di apertura in percentuale rispetto alla lunghezza, tipo di terminazione, distanza della terminazione della traccia, scabrezza (JRC, Joint Roughness Coefficient), ondulazione, resistenza della parete del giunto (JCS, Joint Compressive Wall Strength), tipo, granulometria, origine, grado di saturazione e di consistenza del materiale di riempimento, che può anche essere campionato per eventuali prove di laboratorio. La scabrezza (JRC) sarà valutata numericamente con il pettine di Barton. La resistenza della parete del giunto (JCS) sarà stimata con il martello di Schmidt mentre la resistenza della roccia intatta sarà stimata con il point load strength tester. Dovrà essere stimato l'indice RQD espresso come numero di giunti per unità di volume. Il volume roccioso unitario dovrà essere determinato dimensionalmente e graficamente.
- Condizioni idriche: ritenzione idrica e venute d'acqua; nel caso di scavi in sotterraneo, queste condizioni devono essere valutate in corrispondenza degli ultimi 8-10 m di scavo
- Osservazioni: distacchi gravitativi (ubicazione, geometria e volumi), interventi di consolidamento e contenimento presenti.

Tutti i dati rilevati dovranno essere raccolti sotto forma tabellare.

Le misure di orientazione delle discontinuità dovranno essere elaborate graficamente mediante:
- proiezione equatoriale equiarea di Lambert (nota anche come reticolo di Schmidt);
- proiezione polare equiarea.

L'elaborazione successiva dovrà consentire l'individuazione delle principali famiglie di discontinuità e dovrà essere eseguita ricavando le zone di maggior densità di poli per unità di area definendo inoltre il grado di densità relativo ed assoluto per ogni famiglia individuata.

L'ammasso roccioso dovrà, inoltre, essere classificato utilizzando i più comuni sistemi di classificazione quali quello di Bieniawski, di Barton, di Hoek o altri concordati preventivamente con le Ferrovie.

3.5.4.8 Documentazione da consegnare

RELAZIONE GEOLOGICA

La relazione dovrà contenere tutte le informazioni e i dati geologico-tecnici che consentano di individuare i criteri di progetto applicabili nonché i parametri e le modalità esecutive più appropriate al caso in esame con particolare riguardo a:
- definizione dell'assetto geologico-strutturale;
- modello geologico di riferimento;
- caratterizzazione litologico-tecnica degli ammassi e determinazione di massima delle caratteristiche geomeccaniche e geotecniche degli ammassi e dei terreni indagati;
- individuazione della storia tensionale degli ammassi indagati e dello stato tensionale attuale
- categorie di sottosuolo e topografiche, accelerazione sismica di riferimento, fattori di amplificazione e spettro di risposta elastico

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La relazione geologica dovrà inoltre evidenziare le eventuali problematiche tecniche connesse all'interazione tra ambiente fisico e opera ferroviaria, analizzando congiuntamente i risultati degli studi tematici di superficie e quelli delle indagini in sito (di tipo diretto ed indiretto) ed in laboratorio in base ai quali dovrà essere proposto un modello di caratterizzazione in sito degli ammassi rocciosi dal punto di vista geolitologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico/geomeccanico. Inoltre la relazione geologica dovrà contenere una valutazione della pericolosità geologica riferita agli interventi previsti nell'area in esame ed in relazione alla sismicità dovranno anche essere valutati gli aspetti sismici locali in congruenza ai contenuti del DM 14/1/08.

RELAZIONE GEOMORFOLOGICA

La relazione deve contenere i risultati dello studio e dei rilievi svolti individuando l'assetto orografico, il reticolo idrografico, le condizioni climatiche, gli aspetti morfologici e morfometrici, i dati litologici e tettonici e deve descrivere con particolare riguardo il quadro morfogenetico e morfoevolutivo dell'area.

RELAZIONE IDROGEOLOGICA

La relazione riporterà tutti i risultati dello studio e dei rilievi svolti e descriverà in modo compiuto l'idrologia di superficie, l'idrologia sotterranea (emergenza di acque sotterranee, caratteristiche degli acquiferi, caratteristiche idrodinamiche, caratteristiche idrochimiche), i complessi idrogeologici distinti in funzione del loro grado di permeabilità relativa, nonché le opere artificiali e le aree carsiche che interessano l'area in esame.

RELAZIONE LITOLOGICO-TECNICA

La relazione riporterà tutti i risultati dello studio e dei rilievi svolti e descriverà in modo compiuto le caratteristiche geomeccaniche e/o geotecniche dei litotipi riconosciuti nell'area di studio.

CARTA GEOLOGICA

L'elaborato cartografico geologico deve contenere tutte le informazioni relative alle unità litostratigrafiche riconosciute ed all'assetto tettonico generale. Deve essere anche illustrato lo schema dei rapporti stratigrafici tra le varie unità cartografate in relazione all'interferenza con la nuova opera evidenziando i dati relativi alle giaciture della stratificazione o della scistosità, all'orientamento degli assi e dei piani assiali delle strutture plicative e di quelle rigide (sovrascorrimenti, faglie, fratture); deve inoltre essere evidenziata l'eventuale presenza di fasce milonitiche o cataclastiche.

CARTA GEOMORFOLOGICA

L'elaborato cartografico deve riportare tutte le evidenze geomorfologiche relative a morfogenesi di versante, fluviale, costiera, antropica, rilevabili e cartografabili alla scala di rappresentazione.

CARTA IDROGEOLOGICA

L'elaborato cartografico deve riportare tutte le informazioni idrogeologiche desunte dagli studi e dai rilievi (cartografabili alla scala di rappresentazione), in particolare i terreni saranno distinti in base alla loro permeabilità efficace, conterrà indicazioni su aree di concentrazione superficiale di acqua o a drenaggio difficoltoso, i punti d'acqua superficiali (sorgenti e pozzi), le linee di deflusso superficiale e profondo, le linee isofreatiche, ecc..

CARTA LITOLOGICO-TECNICA

Elaborato ad indirizzo geotecnico-geomeccanico con legenda e simbolismi da concordare con le Ferrovie.

PLANIMETRIA DI UBICAZIONE

- Planimetria della zona riportante l'ubicazione esatta delle stazioni di misura geostrutturale;
- Planimetria della zona riportante l'ubicazione esatta di tutti i punti d'acqua censiti, pozzi, sorgenti, ecc..

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

SEZIONI GEOLOGICHE

Le sezioni geologiche interpretative, devono evidenziare l'assetto litostratigrafico-strutturale della zona in esame sia in direzione longitudinale che in direzione trasversale rispetto all'asse del tracciato ferroviario.

RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLE DISCONTINUITA'

Rappresentazione grafica di tutte le discontinuità rilevate mediante proiezione polare equiarea, aree di isodensità delle direzioni.

RAPPRESENTAZIONE CICLOGRAFICA DELLE DISCONTINUITA'

Rappresentazione ciclografica mediante poli e grandi cerchi dell'orientazione delle famiglie di discontinuità e del fronte rilevato.

SCHEDE TECNICHE

- Schede tecniche dei terreni e degli ammassi rocciosi riportanti i dati desunti da prove di laboratorio o da misure geostrutturali su punti o aree campione, la cui redazione dovrà essere preventivamente autorizzata dalle Ferrovie;
- Schede tecniche del rilievo geostrutturale: le schede devono essere redatta per ciascuna stazione, con le indicazioni dei dati rilevati e le classificazioni geomeccaniche secondo indicazione delle Ferrovie;
- Schede dei punti d'acqua: schede di tutti i punti d'acqua censiti, pozzi, sorgenti, ecc., con indicazione dell'ubicazione cartografica e delle coordinate GPS.

SCHEDE BIBLIOGRAFICHE

Con i riferimenti di tutto il materiale consultato e della relativa reperibilità.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Documentazione fotografica dei punti di misura o di prelievo in campagna o dei punti d'acqua rilevati in campagna o del fronte rilevato, con i necessari riferimenti descrittivi per l'univoca correlazione alle schede tecniche relative.

Riferimenti normativi:

- ISRM (1977). Suggested Methods for Petrographic Description of Rocks
- ISRM (1978). Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses
- ISRM (1981). Basic Geotechnical Description of Rock Masses
- A.F.T.E.S. (1992). Text of recommendations for a description of rock masses useful for examining the stability of underground works
- Bollettino del Servizio Geologico d'Italia, Vol. LXXXIX (1968). Codice italiano di nomenclatura stratigrafica
- Servizio Geologico Nazionale (1993). Guida al rilevamento della carta geologica d'Italia in scala 1:50000
- Servizio Geologico Nazionale (1994). Linee guida per il rilevamento della carta geomorfologica d'Italia in scala 1:50000
- Servizio Geologico Nazionale (1995). Guida al rilevamento e alla rappresentazione della carta idrogeologica d'Italia in scala 1:50000
- Servizio Geologico Nazionale (1995). Guida alla rappresentazione cartografica della carta geologica d'Italia in scala 1:50000
- Dlgs n° 163 del 12/04/2006 e s.m.i.
- DPR n° 207 del 05/10/2010

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- Norme Tecniche per le Costruzioni - DM del 14/01/2008
- Circolare NTC n°617 del 2/02/2009

3.5.5 GEOMORFOLOGIA COSTIERA E FLUVIALE

3.5.5.1 Rilievo batimetrico per profili della spiaggia sommersa e per sezioni trasversali dell'alveo fluviale.

Il rilievo batimetrico di norma si esegue per definire e controllare nel tempo e nello spazio le modifiche dell'assetto morfologico del fondo marino in prossimità della costa o del fondo alveo di una asta fluviale in corrispondenza di opere di attraversamento.

A. Attrezzatura

In funzione del tipo di rilievo adottato dovrà essere disponibile, di norma, la seguente attrezzatura:

- ecoscandaglio ad alta risoluzione, a registrazione continua su carta e/o su supporto digitale, frequenza 200 Khz, trasduttore a fascio conico di circa 9° ed accuratezza di circa ± 3 cm in 20 m di profondità;
- sistema satellitare differenziale con tecnologia Real Time Kinematics (DGPS-RTK); con accuratezza dinamica migliore di 2 cm, completo di ponte radio, computer palmare per acquisizione dati GIS e software di post processing;
- software di navigazione collegato sia al GPS differenziale sia all'ecoscandaglio per l'acquisizione contemporanea delle informazioni di posizione GPS e di quelle di profondità dell'ecoscandaglio;
- stazione topografica integrale, con teodolite che consenta una precisione angolare non superiore ai due secondi centesimali e distanziometro elettronico di precisione non inferiore a ± 3 mm + 2 ppm (parti per milione);
- radio per comunicazioni;
- asta centimetrata munita di piastra di fondo;
- cavi in materiale inestensibile graduato al decimetro;
- cavi di ancoraggio;
- battello/natante.

B. Modalità esecutive

Le tecniche di rilievo applicabili, in funzione delle condizioni operative dei siti di indagine, sono sostanzialmente di due tipi: 1) rilievo con ecoscandaglio; 2) rilievo con asta graduata.

B.1. Rilievo con ecoscandaglio

Il rilievo con ecoscandaglio, di norma, si adotta in corrispondenza di sezioni e profili agibili soltanto con imbarcazione.

L'ecoscandaglio deve essere installato su un battello attrezzato allo scopo e munito di radio ricetrasmittente con portata idonea al collegamento con gli operatori a terra e tutto quanto occorre per l'effettuazione di misure di profondità con l'approssimazione di più o meno 10 centimetri.

Prima di procedere ai rilievi, l'ecoscandaglio dovrà essere calibrato, posizionando a diverse profondità un "target" artificiale e ricavando i parametri corretti di immersione del trasduttore e di velocità del suono in acqua; nello scandaglio dovranno essere inseriti i valori dell'immersione del trasduttore e della velocità del suono che sono presi in considerazione nella registrazione su carta e nei dati in uscita.

Le coordinate planimetriche dei punti rilevati dovranno essere rilevate con sistema GPS-RTK oppure con misure distanziometriche eseguite con geodimetro elettronico che consenta la lettura di distanze al millimetro,

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

stazionato sul picchetto di riferimento a terra e collegate in tempo reale all'ecoscandaglio mediante un programma idrografico su personal computer.

Il rilievo batimetrico del fondale marino sarà eseguito lungo profili, ubicati e definiti preventivamente dalle Ferrovie, di norma disposti perpendicolarmente alla linea di spiaggia e spinti fino all'isobata 20 m se la costa è bassa, fino all'isobata 30 se la costa è alta e comunque non oltre i 500 m dalla linea di costa.

Nelle sezioni di aste fluviali il rilievo batimetrico sarà eseguito lungo allineamenti trasversali al corso d'acqua, isolati o multipli.

L'interdistanza tra le diverse sezioni dovrà essere concordata e preventivamente autorizzata dalle Ferrovie.

Per ogni sezione/profilo si dovrà:

- effettuare la misura del livello idrico con livellazioni di precisione rispetto ad un punto noto sulla terraferma, all'inizio e alla fine delle operazioni, con annotamento della data e dell'ora di misurazione;
- eseguire almeno una fotografia delle operazioni di misura nella quale possibilmente siano visibili punti di riferimento;
- determinare le coordinate plano-altimetriche dei punti estremi, che dovranno essere raccordati ai picchetti della corrispondente sezione topografica;
- effettuare il rilievo dei punti con ecoscandaglio, con densità da concordare con le Ferrovie;
- eseguire i necessari calcoli;
- effettuare la restituzione delle coordinate (progressive e quote) sotto forma di tabella Excel;
- effettuare restituzione grafica e disegno a scala adeguata secondo quanto stabilito dalle Ferrovie.

Nel caso di rilievo GPS-RTK si dovrà materializzare un terzo punto, possibilmente a squadra, con distanza adeguata per la calibrazione del GPS in doppia frequenza con metodologia RTK. Dovranno essere forniti i valori dei residui plano-altimetrici della calibrazione.

Dovrà essere inoltre consegnata copia del piano quotato risultante dal rilievo batimetrico (sia su carta che su supporto informatico in formato DXF).

B.2. Rilievo con asta graduata

Il rilievo con asta graduata viene adottato di norma in quelle sezioni di aste fluviali che risultano agibili a guado.

La modalità esecutiva è la seguente:

- tesatura di un cavo in dacron o altro materiale inestensibile, graduato al decimetro, nelle sezioni trasversali all'asta fluviale;
- rilievo delle profondità mediante asta centimetrata in corrispondenza delle progressive individuate nel cavo graduato;
- misura del livello idrometrico ad inizio e fine, con eventuali infittimenti intermedi in caso di variazione;
- verifica della larghezza della sezione bagnata mediante strumento topografico, compensando in base a questo riscontro le distanze progressive rilevate sul cavo graduato.

I punti estremi della sezione dovranno essere rilevati plano-altimetricamente secondo le modalità sopra riportate.

Tutti i profili batimetrici dovranno essere proseguiti a terra con un rilievo celerimetrico di dettaglio in modo da realizzare un profilo unico.

La rilevazione dei punti dovrà comprendere: l'acquisizione, l' elaborazione, l'interpretazione e la restituzione grafica dei dati ed il rilievo plano-altimetrico dei punti estremi di riferimento.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Nel caso dei rilievi lungo assi-fluviali interessate da opere di attraversamento, dovranno essere eseguiti i rilievi dei punti geometrici salienti dell'opera d'arte e, se richiesto dalle Ferrovie, le sezioni d'alveo in corrispondenza dell'opera d'arte stessa.

Documenti da consegnare.

Al completamento dello studio dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

a) Relazione generale e d'interpretazione dei rilievi;
b) Planimetria con l'ubicazione dei profili e/o delle sezioni rilevate, in scala da concordare con le Ferrovie;
c) Profili batimetrici-celerimetrici, in scala da concordare con le Ferrovie;
d) Strisciata di registrazione dell'ecoscandaglio;
e) Carta delle isobate in scala da concordare con le Ferrovie;
f) Carta della poligonale di collegamento dei punti estremi e di riferimento con l'indicazione delle relative coordinate e dell'azimut;
g) Libretti di campagna in originale con il dettaglio di tutti i punti rilevati.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3.6 PROSPEZIONI GEOFISICHE

La prospezione geofisica è una tecnica di indagine non distruttiva del sottosuolo, che consiste nella misurazione, tramite strumentazione specifica di alcune proprietà fisiche del terreno che possono rivelarne la struttura, la presenza di oggetti sepolti ecc.. Si differenziano in due grandi categorie: indagini passive e indagini attive; le prime si effettuano tramite delle apposite strumentazioni che rilevano eventuali anomalie rispetto all'ambiente circostante; le seconde tramite l'attivazione nel sottosuolo di diverse forme di energia che permettono di studiarne le caratteristiche.

3.6.1 GEOELETTRICA

3.6.1.1 Sondaggi geoelettrici verticali.

La metodologia consiste nell'immettere nel terreno una corrente elettrica attraverso due elettrodi di corrente AB esterni misurando la differenza di potenziale risultante in due elettrodi interni di tensione MN.

La prospezione mette in evidenza i contrasti di resistività su una medesima verticale in funzione delle caratteristiche fisiche dei materiali incontrati quali ad esempio la porosità, la saturazione in fase fluida, la presenza di minerali disciolti ecc.. .

A. Strumentazione

La strumentazione da utilizzare di potenza adeguata in relazione alle misure eseguibili sui massimi stendimenti previsti, dovrà avere caratteristiche tali da permettere l'ottenimento dei migliori risultati possibili. In particolare l'attrezzatura minima dovrà comprendere:

- georesistivimetro analogico e/o digitale con impedenza di ingresso minima pari a 10 megaohm, sensibilità almeno 0,1 millivolt, circuito di compensazione dei potenziali spontanei; lo strumento utilizzato per la misura dell'intensità di corrente dovrà avere sensibilità di almeno 0,1 milliampere e scala 1mA ÷ 2 A;
- generatore di potenza costituito da gruppo elettrogeno con raddrizzatore di potenza adeguata o con batterie a secco anch'esse di tensione e potenza adeguata;
- cavi elettrici multipolari (preferibilmente fino a 32) ad alto isolamento, con specifica guaina di protezione esistente alle azioni di trazione e abrasione;
- elettrodi in acciaio, in rame e impolarizzabili; in particolare gli elettrodi di tensione M ed N dovranno essere in rame e, in terreni particolarmente secchi, dovranno essere immersi in una soluzione satura di solfato di rame (sensori impolarizzabili);
- radio ricetrasmittenti e/o telefoni per il collegamento in linea.

B. Modalità esecutive

Per ciascun sondaggio elettrico verticale (SEV) dovrà essere effettuata preliminarmente una prova di isolamento dei cavi del circuito elettrico.

La prospezione avverrà secondo il dispositivo Schlumberger, Wenner Polo-Dipolo ecc. partendo da una distanza tra gli elettrodi esterni di corrente AB pari a 4 volte la distanza tra gli elettrodi interni MN di tensione, si allontaneranno progressivamente gli elettrodi AB fino a distanza tra gli stessi dell'ordine di 20÷40 MN, effettuando una misurazione per ogni spostamento; quindi si sposteranno anche gli elettrodi MN e si riprenderà un'altra serie di misure sugli elettrodi AB con le medesime modalità; le due ultime misure di ogni serie verranno ripetute anche con gli elettrodi MN allargati per la serie successiva (embrayage su due punti AB/2).

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La successione delle distanze tra gli elettrodi AB da adottare per ciascun sondaggio (iniziando con AB/2= 2 m) dovrà essere regolare e consentire l'acquisizione di almeno 8-9 punti di misura per ogni decade logaritmica.

La massima apertura degli elettrodi di corrente sarà determinata in funzione della profondità di indagine, considerando la necessità di avere un rapporto tra profondità e apertura degli elettrodi pari a 1/5. In terreni elettricamente conduttivi sarà buona norma considerare rapporti più sfavorevoli (1/6 – 1/8).

Per stendimenti elettrodici più lunghi e comunque in condizioni di scarso rapporto segnale-disturbo dovrà essere previsto uno stacking automatico dei dati in modo tale da garantire una acquisizione del segnale con sensibilità di 10 microvolt.

La lettura agli elettrodi di tensione dovrà essere sufficientemente elevata in rapporto al rumore. La durata del periodo di registrazione deve essere tale da permettere di valutare, senza incertezze, il valore della differenza di potenziale ΔV.

Dopo ogni misura e prima di quella successiva, dovrà essere effettuato sul terreno il calcolo della resistività apparente ed il tracciato della curva dovrà essere riportato su opportuni diagrammi in scala bilogaritmica.

Nel caso fossero disponibili risultati di sondaggi meccanici questi dovranno essere presi a riferimento per la taratura delle indagini geolettriche.

L'ubicazione degli stendimenti, la distanza interelettrodica, funzione della profondità esplorabile, e la frequenza delle misure dovranno essere preventivamente autorizzate dalle Ferrovie.

L'interpretazione delle curve di campagna dovrà essere eseguita per mezzo di adeguati programmi di elaborazione in grado di restituire:

- l'elettrostratigrafia del sottosuolo in termini di spessori e di resistività reale dei singoli elettrostrati;
- la determinazione dello scarto quadratico medio tra i dati sperimentali e i dati calcolati dal modello di resistività;
- I limiti di equivalenza della soluzione.

Documenti da consegnare.

a) Relazione conclusiva contenente la descrizione della strumentazione impiegata, delle operazioni eseguite, analisi delle metodologie adottate per il raffronto tra curve teoriche e curve di campagna, con commento dei risultati finali ottenuti;
b) Rappresentazione plano-altimetrica degli stendimenti eseguiti con indicazione della posizione di sondaggi di taratura eventualmente effettuati;
c) Diagrammi di resistività di tutti i S.E.V. eseguiti;
d) Sezioni elettriche interpretative, in scala appropriata alla necessità di rappresentazione dei dettagli rilevati, recante l'indicazione dei valori di resistività dei vari livelli interessati;
e) Copia dei libretti di campagna originali.

3.6.1.2 Prospezione geofisica con il metodo elettrico per l'esecuzione di profili di resistività

La prospezione consiste nel progressivo spostamento lungo una linea definita (o secondo una maglia – in questo caso si parlerà più opportunamente di mappe di resistività) di un quadripolo AMNB, con distanza tra gli elettrodi mantenuta fissa, misurando di volta in volta la resistività dei terreni attraversati.

La prospezione si esegue per determinare contrasti lineari o laterali di resistività dei terreni indagati, corrispondenti a variazioni di materiali o di altre caratteristiche fisiche quali ad esempio la porosità, la saturazione in fase fluida, la presenza di minerali disciolti ecc.. .

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

A. Strumentazione

La strumentazione utilizzata dovrà essere di caratteristiche tali da permettere l'ottenimento dei migliori risultati possibili e di potenza adeguata in relazione alle misure eseguibili sui massimi stendimenti previsti.

In particolare l'attrezzatura minima dovrà comprendere:

- georesistivimetro analogico e/o digitale con impedenza di ingresso minima pari a 10 megaohm, sensibilità di almeno 0,1 millivolt, circuito di compensazione dei potenziali spontanei; lo strumento utilizzato per la misura dell'intensità di corrente dovrà avere sensibilità di almeno 0,1 milliampere e scala 1mA÷2 A;
- generatore di potenza costituito da gruppo elettrogeno con raddrizzatore di potenza adeguata o con batterie a secco anch'esse di tensione e potenza adeguata;
- cavi elettrici multipolari (preferibilmente fino a 32 conduttori) ad alto isolamento, con specifica guaina di protezione resistente alle azioni di trazione e abrasione;
- elettrodi in acciaio, in rame e impolarizzabili; in particolare gli elettrodi di tensione M ed N dovranno essere in rame e, in terreni particolarmente secchi, dovranno essere immersi in una soluzione satura di solfato di rame (elettrodi impolarizzabili);
- radio ricetrasmittenti e/o telefoni per il collegamento in linea.

B. Modalità esecutive

Si potranno utilizzare indifferentemente dispositivi elettrodici di Wenner, di Schlumberger, polo-polo, polo-dipolo dipolo-dipolo e in contesti particolari si potranno utilizzare configurazioni elettrodiche dipolo-dipolo.

La configurazione del quadripolo dovrà essere preventivamente concordata con le Ferrovie.

Preliminarmente all'esecuzione della campagna di prospezione geoelettrica dovrà essere effettuata una prova di isolamento dei cavi del circuito elettrico.

La distanza interelettrodica, funzione della profondità esplorata, e la frequenza delle misure dovranno essere preventivamente approvate dalle Ferrovie.

La lettura agli elettrodi di tensione dovrà essere sufficientemente elevata in rapporto al rumore; in condizioni di scarso rapporto segnale-disturbo dovrà essere previsto uno stacking automatico dei dati in modo tale da garantire una acquisizione del segnale con sensibilità di 10 microvolt. La durata del periodo di registrazione dovrà essere tale da permettere di valutare, senza incertezze, il valore della differenza di potenziale ΔV.

La determinazione della distanza interelettrodica sarà determinata sulla base di alcuni sondaggi elettrici verticali. Fissata questa si effettueranno le misure di resistività spostando ogni volta sui punti prestabiliti il quadripolo mantenendo costante la distanza interelettrodica.

Documenti da consegnare.

a) Relazione conclusiva contenente la descrizione della strumentazione impiegata, delle operazioni eseguite, con commento e interpretazione dei dati acquisiti e delle anomalie riscontrate eventualmente tarate sulla base di sondaggi;
b) Carta con l'ubicazione planimetrica dei punti di misura e dei sondaggi di taratura eventualmente eseguiti;
c) Profili di resistività in scala adeguata all'estensione dell'indagine e ai dettagli riscontrati;
d) Carta di resistività in scala adeguata;
e) Copia dei libretti di campagna originali.

3.6.1.3 Prospezione geofisica con il metodo elettrico, con metodologia tomografica

La prospezione geofisica consiste nel progressivo spostamento lungo una linea definita (o secondo una maglia) di un quadripolo AMNB, misurando di volta in volta la resistività dei terreni attraversati.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La prova dovrà essere adatta a determinare contrasti lineari o laterali di resistività , corrispondenti a variazioni di materiali o di altre caratteristiche fisiche (densità, zone d'acqua ecc..).

La metodologia tomografica consiste nell'assegnare una determinata posizione ad uno dei due poli e nell'allontanare l'altro progressivamente, lungo il profilo, per quantità lineari fisse.

Il risultato sarà la misura della resistività apparente dei punti di intersezione delle linee a 45° originate dai centri dei due dipoli (dispositivo dipolo-dipolo) .

L'elaborazione tomografica consisterà nel tracciamento di isolinee di resistività con fasce cromatiche differenziate (pseudosezioni di resistività), interpretando con appositi programmi di calcolo la sezione di resistività reale del sottosuolo a partire dalla distribuzione di resistività apparente.

A. Strumentazione

La strumentazione utilizzata, di potenza adeguata in relazione alle misure da eseguire sui massimi stendimenti previsti, dovrà avere caratteristiche tali da permettere l'ottenimento dei migliori risultati possibili.

In particolare l'attrezzatura minima dovrà comprendere:

- un dispositivo multielettrodico con almeno 32 elettrodi e una unità di acquisizione dati caratterizzata da un georesistivimetro digitale con impedenza di ingresso minima di 10 megaohm, sensibilità almeno di 0,1 millivolt, circuito di compensazione dei potenziali spontanei; possibilmente lo strumento dovrà controllare l'erogazione di corrente con accuratezza nella misura dell'intensità di corrente inferiore al 1 % del valore immesso, il georesistivimetro dovrà eseguire ripetuti cicli di misura memorizzando resistività, differenza di potenziale, intensità e deviazione standard;
- generatore di potenza costituito da un gruppo elettrogeno con raddrizzatore di potenza adeguata o con batterie a secco anch'esse di tensione e potenza adeguata;
- cavi elettrici multipolari ad alto isolamento con guaina specifica di protezione resistente alle azioni di trazione e abrasione;
- elettrodi in acciaio o rame del tipo "smart electrodes", dotati di una elettronica interna che ne consenta l'utilizzo sia come elettrodi di corrente che di potenziale;
- radio ricetrasmittenti e/o telefoni per collegamento in linea.

B. Modalità esecutive

Il metodo geoelettrico si basa sulla misura tra due elettrodi (detti convenzionalmente MN) della differenza di potenziale ΔV connessa alla distribuzione nel sottosuolo di una corrente elettrica I immessa in una diversa coppia di elettrodi, detti AB.

Si otterrà quindi un valore di resistività apparente pari a:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I}$$

che è funzione, oltre che della posizione reciproca dei 4 elettrodi anzidetti (dipendenza contenuta nel parametro K, detto fattore geometrico), della distribuzione della resistività elettrica delle rocce nel sottosuolo interessato dalla propagazione della corrente I.

I dati così acquisiti devono essere "interpretati" per ottenere, dall'insieme dei valori di ρ_a (resistività apparente), un modello dell'effettiva distribuzione delle resistività elettriche reali nel sottosuolo indagato. Da questa distribuzione, con opportune tarature e/o in base alle conoscenze geologiche del sottosuolo, il modello geofisico viene trasformato in modello geo-litologico.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Si potranno utilizzare indifferentemente dispositivi elettrodici di Wenner o di Schlumberger (Figura 3.6.1.3-1) o in casi particolari dispositivi dipolo-dipolo e polo-dipolo.

Nel dispositivo Wenner (Figura 3.6.1.3-1, a)) lo spazio tra gli elettrodi è costante: AM = MN = NB = a. Per cui il fattore geometrico K è dato da: $K = 2a\pi$. Lo schema di misura di una tomografia elettrica effettuata con il dispositivo Wenner prevede, l'esecuzione di misure effettuate traslando i quattro elettrodi e mantenendo la spaziatura "a" costante. Quando sono terminate le misure su tutti i picchetti si riparte dall'inizio portando la spaziatura ad un valore 2a nella seconda serie, a 3a nella terza e così via, fino ad aver effettuato tutte le misure possibili. Più si allarga la spaziatura a più si indagano porzioni profonde di terreno.

Lo stendimento Wenner ha una maggiore sensibilità nella porzione di terreno che si trova tra gli elettrodi AM ed NB. C'è una maggior sensibilità alle variazioni verticali di resistività e minore per quanto riguarda le variazioni orizzontali. Se confrontato con gli altri stendimenti, il Wenner ha una profondità di indagine minore, ma una maggiore intensità di segnale e risulta di più facile interpretazione.

Nel dispositivo Schlumberger (Figura 3.6.1.3-1, b)) lo spazio tra gli elettrodi di potenziale è costante, mentre varia la distanza tra gli elettrodi di corrente (C1 e C2 dello schema sottostante). Tale metodo risente maggiormente dei disturbi elettrici del terreno ma consente di raggiungere profondità superiori rispetto alla configurazione di Wenner. In accoppiamento con il metodo Wenner (acquisizione simultanea) consente di ottenere risultati ottimali per stabilità di misura e profondità di indagine.

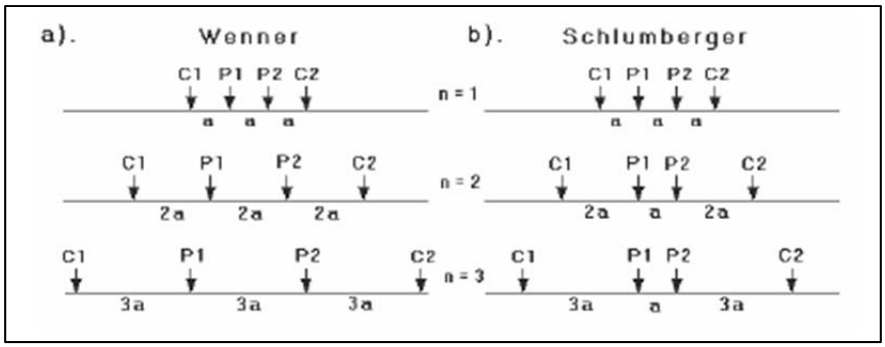


Figura 3.6.1.3-1

Nel dispositivo Dipolo-Dipolo i due elettrodi di corrente hanno spaziatura costante (C1 e C2) e sono esterni agli elettrodi di potenziale (P1 e P2). Il dispositivo dipolo-dipolo consente di raggiungere profondità superiori al dispositivo Schlumberger, con maggior densità di quadripoli di misura.

Tuttavia, per piccole spaziature, il metodo può risentire di forti disturbi per la vicinanza degli elettrodi di corrente (polarizzazione degli elettrodi).

Esistono numerose altre configurazioni (Figura 3.6.1.3-2) con posizionamento di elettrodi di corrente esterni alla configurazione multipolare e possono essere utili per il raggiungimento di profondità superiori alle configurazioni convenzionali.

Preliminarmente all'esecuzione della campagna di prospezione geoelettrica dovrà essere effettuata una prova di isolamento dei cavi del circuito elettrico.

La lettura agli elettrodi di tensione dovrà essere sufficientemente elevata in rapporto al rumore di fondo; in condizioni di scarso rapporto segnale/disturbo dovrà essere previsto uno stacking automatico dei dati in modo tale da garantire una acquisizione del segnale con sensibilità di 10 microvolt.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

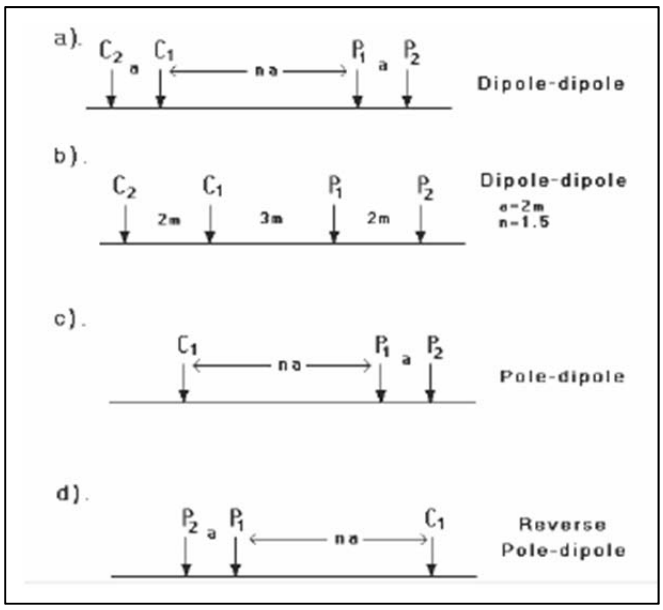


Figura 3.6.1.3-2

La durata del periodo di registrazione dovrà essere tale da permettere la valutazione, senza incertezze, del valore della differenza di potenziale (ΔV).

La distanza interelettrodica sarà definita sulla base delle profondità da raggiungere e delle dimensioni dell'obiettivo di indagine e dovrà comunque essere preventivamente concordata con le Ferrovie.

Per incrementare il dettaglio della misura ed ottenere il ricoprimento tra due linee contigue si farà ricorso a tecniche di sovrapposizione di linee consecutive (roll-along) mediante spostamenti successivi con passo regolare di una porzione (1/3 o 1/4) dello stendimento iniziale.

Per la definizione delle modalità esecutive più corrette della prospezione potranno essere eseguiti alcuni sondaggi elettrici verticali per la taratura delle caratteristiche geoelettriche del sottosuolo.

L'elaborazione dei dati dovrà permettere:

- la ricostruzione di "pseudosezioni" di resistività mediante l'impiego di software di contouring;
- il calcolo dei valori di resistività vera tramite inversione bidimensionale e lo sviluppo di un adeguato modello di distribuzione della resistività del sottosuolo; il software di inversione dovrà essere in grado di applicare l'eventuale correzione topografica.

Documenti da consegnare:

a) Relazione conclusiva contenente la descrizione della strumentazione impiegata, delle operazioni eseguite, con commento ed interpretazione dei dati acquisiti e delle anomalie riscontrate eventualmente tarate sulla base di sondaggi meccanici o altre prove geofisiche eseguite;
b) Carta con l'ubicazione planimetrica dei punti di misura, delle linee e degli eventuali sondaggi di taratura eseguiti, in scala da concordare con le Ferrovie;
c) Tabelle con i valori di voltaggio, corrente, deviazione standard e resistività apparente per ogni singola misura;
d) Pseudosezioni di resistività in scala adeguata, con i punti di misura, scala cromatica di riferimento (ohm-m) e relativa legenda orizzontale interpretativa contenente i valori della resistività;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

e) Risultati dell'inversione e modellizzazione dei dati unitamente al completo database utilizzato per la valutazione geoelettrica ed il calcolo della distribuzione della resistività;
f) Copia dei libretti di campagna originali.

3.6 1.4 Carotaggio geofisico con il metodo elettrico in foro di sondaggio

La prova viene eseguita con idonea attrezzatura all'interno di fori di sondaggio non rivestiti riempiti di fluido elettricamente conduttivo (acqua o fango), onde poter ottenere un log di resistività lungo una verticale corrispondente all'immediato intorno del foro di sondaggio.

A. Strumentazione

La strumentazione è costituita essenzialmente da una sorgente elettrica, un amperometro, un voltmetro e 4 elettrodi di cui due (A e B) di corrente e due (M e N) di tensione.

B. Modalità esecutive

La necessità di avere il foro di sondaggio non rivestito impone cautele particolari in fase di esecuzione e nella scelta del liquido di circolazione e di sostentamento delle pareti del foro stesso.

La corrente viene generata tra l'elettrodo B e l'elettrodo A mentre tra gli elettrodi M e N si misura la tensione risultante. A seconda della distanza tra gli elettrodi A e M si possono avere diverse configurazioni:

- normale-corta (distanza A-M=16" pari a 0,41 m);
- normale-lunga (distanza A-M=64" pari a 1,62 m);
- laterale (distanza A-M=18'8" pari a 5,70 m).

Nelle configurazioni di tipo "normale" i due elettrodi B e N saranno posizionati in prossimità della bocca foro oppure all'interno del foro a lunga distanza tra di loro. La fascia di terreno all'intorno del foro interessata dalla prospezione è pari a circa due volte la distanza A-M ed è inversamente proporzionale al diametro del foro.

Nella configurazione di tipo "laterale" gli elettrodi M e N sono all'interno del foro ad una distanza di 81 cm ed il loro baricentro è posto a distanza di 5,70 m dall'elettrodo di corrente più vicino. La profondità di indagine all'intorno del foro è praticamente pari alla distanza A-M.

La distanza tra gli elettrodi e la configurazione di lavoro, dovrà essere preventivamente approvata dalle Ferrovie.

Le letture dei valori di resistività lungo il foro dovranno essere continue.

La configurazione normale-corta permette l'evidenziazione anche di sottili livelli conduttori intercalati ed in genere definisce la resistività nell'immediato intorno delle pareti del foro in un'area influenzata dalla presenza del fluido nel foro stesso.

La configurazione normale-lunga misura una resistività intermedia che teoricamente permette il calcolo della resistività della fascia influenzata dal fluido nel foro e la stima della resistività del terreno naturale.

La configurazione laterale permette, in presenza di orizzonti omogenei, di misurare la reale resistività del terreno.

Di norma è consigliabile, quindi, eseguire il carotaggio elettrico utilizzando almeno due configurazioni, accoppiando due tipologie d'indagine, ad esempio: normale-corta e laterale o normale-lunga e laterale.

Documenti da consegnare.

a) Relazione illustrativa dell'attrezzatura e della metodologia adottata con una nota di commento e di interpretazione dei risultati ottenuti;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

b) Diagrafia del carotaggio effettuato;
c) Copia dei libretti di campagna originali.

3.6.2 GEOGRAVIMETRIA

3.6.2.1 Prospezione geo-gravimetrica

La gravimetria è una metodologia di indagine geofisica che misura l'entità di variazione dell'accelerazione di gravità da un punto all'altro dovuta a variazioni laterali di densità nel sottosuolo. I valori ottenuti sono funzione della densità e quindi della natura dei materiali ma anche del grado di fratturazione, compattezza, ecc.

A. Strumentazione

Per l'esecuzione della prospezione geo-gravimetrica l'attrezzatura minima da utilizzare è:

- gravimetro astatico (tipo Lacoste&Romberg Modello D), ad alta precisione, con un campo di lettura di almeno 200 mGal e con una sensibilità dell'ordine di 1 μgal;
- strumenti topografici (GPS, tacheometro, teodolite ecc.)

B. Modalità esecutive

Preliminarmente all'esecuzione dell'indagine in campagna deve essere acquisita la seguente documentazione:

- cartografia di base in scala adeguata;
- monografie dei caposaldi gravimetrici della rete nazionale;
- monografie dei caposaldi topografici della rete nazionale.

Le misure gravimetriche sono di tipo relativo in quanto devono essere riferite ad una stazione base (caposaldo gravimetrico) che viene scelta all'inizio dell'indagine ed utilizzata come punto di riferimento per gli altri punti di misura oltre che per monitorare le variazioni dovute all'effetto della marea terrestre e della deriva dello strumento.

L'indagine può essere effettuata sia su punti allineati lungo direttrici lineari sia su punti disposti a maglia, in genere quadrata. L'ubicazione e la densità dei punti di misura dovranno essere definiti in funzione della profondità d'indagine e del dettaglio richiesto ed essere preventivamente approvata dalle Ferrovie.

Ogni punto, materializzato da un picchetto, verrà posizionato topograficamente (per rilievi gravimetrici di dettaglio occorre una tolleranza minima di 1÷2 cm per le quote e di 0,2 m per la posizione planimetrica) e riferito ad una poligonale di base chiusa. Una volta definita la maglia o l'allineamento dei punti di misura, si dovrà fissare la posizione ed il numero di stazioni di misura da prendere come riferimento per la correzione giornaliera della deriva strumentale.

La stazione di misura di riferimento dovrà essere rioccupata per la lettura con una frequenza da concordare preventivamente con le Ferrovie ma che, in linea generale, non dovrà essere superiore ad una lettura ogni 60÷90 minuti circa.

La deriva potrà essere accettabile per valori non superiori a 10 microgal per ora; nel caso si misuri un valore di deriva anomalo o una discrepanza superiore ai 10 microgal, l'intero rilievo compreso tra le ultime due misurazioni di deriva andrà rifatto. Nel caso di rilievi che si protraggono per più giorni, ogni giorno successivo si dovrà ripetere il rilievo sul 10% della stazioni misurate il giorno precedente.

I risultati ottenuti in campagna dovranno essere elaborati applicando le necessarie correzioni (costante di taratura dello strumento, deriva strumentale, marea lunisolare, latitudine, Faye, Bouguer, topografica, regionale) e rappresentati sia in forma tabellare sia in formato grafica (profilo, carta).

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Documenti da consegnare:

a) Relazione conclusiva con indicazione della strumentazione impiegata e delle operazioni eseguite, con commento ed interpretazione dei risultati;
b) Planimetria con l'ubicazione di dettaglio dei punti di misura in scala da concordare con le Ferrovie;
c) Profilo delle anomalie gravimetriche in scala da concordare con le Ferrovie;
d) Carta gravimetrica delle isoanomalie di Bouguer in scala da concordare con le Ferrovie;
e) Tabelle dei dati gravimetrici di campagna;
f) Tabelle dei dati topografici di campagna.

3.6.3 GEORADAR

3.6.3.1 Rilievo elettromagnetico con metodo radar

La prospezione georadar si basa sulla misura ed interpretazione dei fenomeni che subisce un'onda elettromagnetica nel momento in cui essa, attraversando un materiale con una determinata costante dielettrica relativa, incontra la superficie di un altro materiale con costante dielettrica relativa diversa da quella del mezzo in cui si sta diffondendo (scattering).

La risoluzione e la profondità di indagine sono funzione delle caratteristiche dielettriche dei mezzi attraversati, della frequenza delle onde emesse dall'antenna e della potenza del trasmettitore.

Il metodo risulta adatto per individuare forti contrasti dielettrici, ad esempio fra murature, cavità, metalli, sottoservizi, ecc., ed il terreno circostante.

A. Strumentazione

L'attrezzatura di base deve comprendere:

- una unità georadar centrale di comando, controllo ed amplificazione, in grado di operare con almeno due canali, e dotato di un registratore magnetico digitale, di un monitor e di una stampante entrambe a colori;
- antenne, dotate di amplificatore di potenza, con frequenza compresa tra 80 e 1500 MHz;
- cavo multipolare di collegamento tra l'unità georadar e l'antenna.

Dovranno essere disponibili appositi software necessari per l'analisi ed il trattamento dei segnali registrati (filtrazione, correzione, valutazione di velocità di propagazione, correlazione ecc..).

B. Modalità esecutive ed elaborazione dei dati

La prospezione si esegue spostando le antenne lungo la superficie da investigare o manualmente o per mezzo di veicoli. Il rilievo si esegue normalmente lungo profili isolati, paralleli o organizzati in maglie di dimensione idonea all'obiettivo della prospezione. L'ubicazione dei profili, la densità della maglia, il tipo e la configurazione delle antenne dovranno essere commisurati al tipo di materiale indagato, alla profondità di indagine e di dettaglio richiesto, e dovranno essere preventivamente approvate dalle Ferrovie.

Compatibilmente al tipo di superficie da indagare dovrà essere garantita una buona linearità del piano di lavoro, cercando preventivamente di eliminare, se possibile, asperità od oggetti metallici che possono produrre interferenze.

Nel caso di mancanza di riferimenti fissi, il rilievo dovrà essere riferito a dei punti di riferimento posizionati esternamente al profilo e/o alle maglie (tolleranza pari a 0,1 m per le quote ed a 0,2 m per la posizione planimetrica).

Preliminarmente all'esecuzione della prospezione dovrà essere indagato un breve tratto campione sul quale dovranno essere tarate le apparecchiature e saranno provate diverse configurazioni di impostazione (velocità

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

di passaggio, distanza sorgente-struttura, frequenza di campionamento, offset delle antenne, ecc.) per determinare la tecnica ottimale in relazione agli obiettivi dell'indagine.

La frequenza di campionamento deve essere 6÷10 volte superiore alla frequenza nominale dell'antenna. L'offset (distanza) delle antenne deve essere tale che le due antenne non risultino troppo vicine con conseguente distorsione del segnale ma neanche troppo lontane da produrre una diminuzione del rapporto segnale-rumore ricevuto. Si dovranno pertanto eseguire alcune prove con offset diversi, adottando la distanza tra antenne che fornisce il migliore risultato in termini di rapporto segnale-rumore. Di norma si assume che una distanza idonea sia pari ad almeno un paio di lunghezze d'onda

La penetrazione del segnale georadar nei vari terreni dipende essenzialmente dall'assorbimento del segnale nei mezzi indagati ed, in linea generale, si osserva che a parità di frequenza, la penetrazione risulta massima in terreni poco conduttivi e che a parità di terreni, la penetrazione risulta massima alle basse frequenze.

Inoltre dovrà essere possibile adottare uno schema di rilievo con più antenne, a diversa frequenza, per investigare contemporaneamente profondità diverse e con risoluzione differente in un unico passaggio.

Le antenne possono operare in configurazione "monostatica" (la stessa antenna georadar funziona come trasmittente e ricevente tramite un commutatore) o "bistatica" (antenne differenti funzionano rispettivamente da trasmittente e da ricevente).

Le tecniche di acquisizione sono due:

- singlefold: acquisizione a copertura singola in cui si illuminano una volta sola i punti del sottosuolo; è possibile sia con antenne monostatiche che con antenne bistatiche;
- multifold:acquisizione a copertura multipla in cui i punti del sottosuolo sono illuminati sotto diverse angolazioni; è possibile soltanto con antenne bistatiche.

Si può ottenere una copertura multipla operando secondo diverse modalità: energizzando direttamente il singolo punto con offset diversi, sommando profili con offset diverso o sommando acquisizioni Wide Angle Reflection Refraction, ottenute tenendo fissa l'antenna trasmittente e spostando la ricevente, ripetendo l'operazione con spostamenti costanti della sorgente.

Una volta acquisiti i dati grezzi è necessario effettuare una preelaborazione per eliminare le componenti di disturbo geometriche e/o radiometriche attraverso operazioni di filtraggio verticale (dominio del tempo) e di filtraggio orizzontale (dominio spaziale). Successivamente i dati grezzi ripuliti saranno elaborati applicando tecniche di guadagno per contrastare l'abbassamento del segnale con la profondità, tecniche di filtraggio dirette (taglia basso, taglia, alto passa banda) per cercare di incrementare il rapporto segnale/rumore attenuando le frequenze indesiderate e tecniche di filtraggi F-K per migliorare la coerenza laterale del segnale mediante l'attenuazione delle onde di disturbo laterali e dirette al suolo.

La parte conclusiva dell'elaborazione consisterà nell'analisi di velocità che sulla base della corretta conoscenza dell'andamento della funzione velocità dovrà permettere di definire l'esatta profondità delle varie discontinuità.

Documenti da consegnare

a) Relazione conclusiva con le indicazioni delle attrezzature impiegate, delle modalità esecutive dei rilievi e dei criteri di elaborazione adottati; tale relazione dovrà inoltre mettere in evidenza le caratteristiche dei materiali e la stratigrafia dei terreni investigati, il contatto terreno-struttura, la presenza di acque, fratture, cavità locali ecc.;
b) Rappresentazione plano-altimetrica in scala adeguata dei profili eseguiti e delle anomalie riscontrate e, nel caso di indagine su muratura o su opere, l'indicazione continua degli spessori riscontrati;
c) Radar-grammi di campagna, a diverse intensità cromatiche, con le distanze (m) in ascissa e i tempi di ascolto (ns) in ordinata;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

d) Radar-grammi interpretati in funzione delle costanti dielettriche dei mezzi attraversati, con le distanze (m) in ascissa e i tempi di ascolto (ns) in ordinata e/o la profondità (m).

Riferimenti normativi:

- ASTM D 6432-99 Standard Guide for using the surface ground penetrating Radar method for subsurface investigation.

3.6.4 GEOSISMICA

3.6.4.1 Prospezione con metodo sismico a rifrazione

Il metodo di prospezione sismica a rifrazione misura la velocità di propagazione delle onde sismiche nell'ammasso roccioso mediante allineamenti isolati o consecutivi di geofoni e registrazioni multiple delle onde di compressione e di taglio per ciascun stendimento.

A. Strumentazione

L'attrezzatura per l'acquisizione dei dati dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- sismografo con un minimo di n. 24 canali, di tipo digitale incrementale, dotato di capacità di campionamento di 0,05 - 0,1 - 0,2 - 0,5 msec, mille o più punti di campionamento per traccia sismica; il sismografo dovrà, inoltre, presentare la possibilità di stack degli impulsi sismici, filtri analogici e digitali programmabili (filtri attivi tipo high pass, band pass e band reject), guadagno verticale del segnale (in ampiezza) e sensibilità tra 6 e 99 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita non inferiore a 16 bit.
- geofoni verticali con frequenza propria variabile tra 8-100 Hz per il rilievo delle onde di compressione;
- geofoni orizzontali con frequenza propria variabile tra 6-14 Hz per il rilievo delle onde di taglio;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time-break).
- sistema di energizzazione necessario a generare le onde sismiche, che potrà essere costituito da:
  - per onde P:
    - cariche di esplosivo (velocità di detonazione > 5000 m/sec; alta densità di carica);
    - fucile o cannoncino sismico (in genere calibro 8 con proiettili da almeno 80 gr) in grado di fornire una velocità alla bocca ≥ 400 m/sec;
    - apparato ad impatto di tipo meccanico, elettropneumatico o ad aria compressa (in grado di sviluppare almeno 1000 kgm per registrazioni a distanze superiori a 500 m);
  - per onde S:
    - massa battente (mazza da 10 kg) agente su un blocco di legno o calcestruzzo adeguatamente ancorato al terreno e posto nelle adiacenze della bocca foro. La forma del blocco deve essere tale da potere essere colpito lateralmente ad entrambe le estremità.

Altri dispositivi devono essere preventivamente approvati dalle Ferrovie.

B. Modalità esecutive ed elaborazione dei dati

Il rilievo sismico dovrà essere eseguito lungo profili rettilinei con geofoni posti ad interdistanza fissa in relazione alla profondità di indagine ed al dettaglio di rilievo richiesto da Ferrovie.

In linea generale per ogni stendimento la profondità massima raggiunta dalla prospezione sismica è funzione sia delle velocità sismiche dei singoli strati sia della lunghezza dei tiri sismici.

Indicativamente la profondità massima indagata è circa 1/4 ÷ 1/5 della lunghezza dei tiri sismici e per ottenere dei risultati ottimali occorre mantenere l'obiettivo della ricerca entro i 2/3 della profondità massima. Tale indicazione è adeguata sia per l'elaborazione sismica di tipo ordinario che tomografica.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La spaziatura delle stazioni geofoniche è funzione del dettaglio che si vuole ottenere, in particolare nella sismica tomografica.

Per la sismica con acquisizione ordinaria, visto che l'interpretazione analitica comunque non permette di ottenere un incremento di dettaglio vertico-laterale anche variando significativamente i parametri geometrici di acquisizione (geometria stazioni e densità degli shot), normalmente si adottano spaziature di 1/2÷1/3 della profondità dell'obiettivo (es. spaziature di 5 m per indagini entro 10 m, spaziature di 10 m per indagini entro 20-50 m e spaziature di 20 m per indagini entro 100 m).

Per ciascun stendimento, costituito da un minimo di 24 geofoni, dovranno essere effettuate almeno cinque (5) registrazioni da altrettanti punti di energizzazione. Dei suddetti tiri tre (3) saranno posizionati all'interno della base (due alle estremità + uno al centro) in posizione equidistante e due (2) saranno ubicati all'esterno della stesa a distanza tale da garantire la profondità di indagine richiesta.

Nel caso in cui il rilievo sismico interessi profondità superiori a circa 30 m i tiri non dovranno essere inferiori a sette (7) per ciascuna base sismica dei quali cinque (2 estremità+3) interni e due (2) esterni.

Nella sismica con acquisizione ordinaria l'elaborazione si potrà basare su metodi quali il GRM (Generalized Reciprocal Method) di Palmer e Lankston, il CRM (Common Reciprocal Methods) di Palmer; la scelta di ciascun metodo di interpretazione dovrà essere operata tenendo in debito conto la geometria del sottosuolo investigato e le problematiche di indagine.

Per la sismica con acquisizione tomografica, indicativamente la spaziatura può variare tra 1/4 ed 1/5 della profondità dell'obiettivo secondo lo schema di massima seguente:

- obiettivo a 10 m: spaziatura= 10/4(5) = 2,5(2,0) m
- obiettivo a 100 m: spaziatura= 100/4(5) = 25(20) m.

Per ciascun stendimento costituito da un numero minimo di 24 geofoni, i tiri dovranno essere eseguiti mediamente ogni 2÷3 geofoni oltre a quattro tiri esterni alla stesa per un totale minimo di dodici (12) tiri.

In entrambi i casi (sismica ordinaria o tomografica) non si dovrà superare la spaziatura di 20 m in quanto si inficerebbe l'analisi della porzione superficiale (copertura allentata) la quale può determinare importanti variazioni sia dei parametri elastici del sottosuolo sia degli orizzonti se la sua determinazione è errata.

I tiri estremi dovranno essere ubicati ad una distanza dal primo e dall'ultimo geofono pari alla metà della distanza intergeofonica utilizzata.

I tiri esterni, invece, saranno posizionati, compatibilmente con le condizioni logistico-morfologiche, ad una distanza pari alla semilunghezza della stesa sismica.

Eventuali diverse geometrie dei tiri devono essere preventivamente approvate dalle Ferrovie.

L'elaborazione dei dati, attraverso l'esame dei valori registrati in corrispondenza di ciascuna stazione geofonica, dovrà consentire la definizione dei singoli rifrattori o strati sismici individuati in termini sia di spessore che di velocità delle onde sismiche (longitudinali e/o trasversali).

Nella sismica con acquisizione tomografica i dati rilevati dovranno essere analizzati con modellazione anisotropica del sottosuolo utilizzando metodologie iterative di tipo RTC (Ray Tracing curvilinear) ed algoritmi di ricostruzione tomografica tipo ART (Algebric Reconstruction Technique), SIRT (Simultaneous Iterative Reconstruction Technique), ILST (Iterative Last Square Technique); il campo di velocità nel sottosuolo sarà discretizzato in celle unitarie, di forma rettangolare, le cui dimensioni orizzontali e verticali (assi x e z) dovranno essere pari rispettivamente a 1/3÷1/5 e 1/5÷1/10 della spaziatura tra i geofoni.

I dati rilevati dovranno essere analizzati anche in termini di attenuazione anelastica degli impulsi sismici attraverso la determinazione del fattore qualità Q.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Il fattore qualità Q è correlato al coefficiente di attenuazione attraverso la seguente relazione:

$$\frac{1}{Q} = \frac{\alpha \cdot V_P}{\pi \cdot f}$$

Con:
α = coefficiente di attenuazione
V_P = velocità delle onde di compressione
f = frequenza dominante dell'analisi

Il coefficiente di attenuazione esprime l'entità del fenomeno di assorbimento dell'energia sismica in relazione allo specifico divario rispetto alla condizione di perfetta elasticità nei diversi materiali in cui l'onda sismica si propaga.

A seguito dell'attenuazione le componenti ad alta frequenza degli impulsi sismici si estinguono più rapidamente di quelli a bassa frequenza; la misura di 1/Q, proporzionale alla frazione di perdita dell'energia per ciclo d'onda sinusoidale, contribuisce a fornire informazioni sulle caratteristiche del mezzo attraversato (frequenza di fratturazione, grado di saturazione ecc.).

I processi fondamentali di analisi per la misura dell'attenuazione dovranno seguire le seguenti procedure:

- analisi del rapporto spettrale delle ampiezze variabili nelle diverse componenti di frequenza dell'impulso microsismico ed assorbite in vario grado in funzione della distanza;
- analisi del decadimento d'ampiezza dei primi eventi o di quelli successivi in ragione della distanza e successiva rettificazione della valutazione per compensare la diminuzione dovuta alla geometria di propagazione;
- valutazione delle variazioni di larghezza dell'impulso sismico (pulse width time) in relazione alla distanza; la misura deve essere effettuata sul primo quarto di ciclo del primo evento.

Ove non si disponga di adeguata cartografia di base che permetta una precisa ubicazione di tutti i punti di stazione (geofoni e punti di energizzazione), si dovrà ricorrere ad un rilievo planoaltimetrico, con precisione di ±0,5 cm, da riferirsi a capisaldi topografici chiaramente individuati sul terreno e riportati sulla carta topografica.

Documenti da consegnare

a) Relazione conclusiva in cui siano dettagliatamente descritte le operazioni eseguite, i criteri di calcolo e di interpretazione adottati, nonché una sintesi dei risultati ottenuti;
b) Cartografia in scala 1:5000 (o 1:2000) con l'esatta ubicazione degli stendimenti effettuati;
c) Libretti di campagna dei rilievi topografici, se effettuati, e sismogrammi in originale rilegati in fascicolo con le necessarie indicazioni per la loro esatta individuazione sulla cartografia;
d) Diagrammi "Distanze/Tempi Rifratti" (Dromocrone), rappresentati con la stessa sequenza e continuità degli stendimenti effettuati, corredati degli eventuali passaggi intermedi dell'elaborazione;
e) Sezioni Sismostratigrafiche in termini di velocità delle onde e del fattore qualità se richiesto, alla scala che verrà stabilita dalle Ferrovie, che dovrà risultare adeguata a rappresentare tutti i dettagli emersi dall'elaborazione. Dette sezioni dovranno riportare tutte le indicazioni parametriche dei singoli rifrattori individuati e, in proiezione, la posizione di eventuali sondaggi meccanici e/o misure geofisiche in foro eseguiti per taratura e/o controllo;
f) Sezioni Tomografiche con elaborazione a celle di velocità o isolinee, in termini di velocità delle onde sismiche, alla scala che verrà stabilità dalle Ferrovie.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Riferimenti normativi:

- ASTM D 5777-00. Standard guide for using the seismic refraction method for subsurface investigation.

3.6.4.2 Prospezione con metodo sismico a riflessione

La prospezione sismica a riflessione consiste nel generare impulsi acustici e registrare per mezzo dei geofoni le riflessioni delle onde di compressione causate da superfici di "discontinuità" all'interno del sottosuolo, dovute ad ammassi rocciosi con valori diversi di impedenza acustica. Con tale metodo geofisico è pertanto possibile ricostruire le caratteristiche geosismiche e geostrutturali degli ammassi mediante allineamenti isolati e consecutivi di geofoni e registrazioni multiple delle onde di pressione per ciascun stendimento di misura.

A. Strumentazione

L'attrezzatura di acquisizione dati deve essere del tipo digitale con amplificatore a virgola mobile istantanea con le seguenti caratteristiche:

- sismografo con minimo 24 canali di registrazione e possibilità di campionatura dei segnali tra 0,025 e 2 msec, dotato di filtri High Pass, Band Pass e Band Reject, di Automatic Gain Control e di convertitore A/D del segnale campionato, almeno a 16 bit;
- geofoni verticali con frequenza propria variabile tra 25 e 100 Hz in funzione della profondità dell'obiettivo e della risoluzione verticale richiesta;
- geofoni orizzontali con frequenza propria variabile tra 25 e 100 Hz in funzione della risoluzione orizzontale richiesta.

L'energizzazione sismica del terreno dovrà essere fornita da:

- mini cariche esplosive poste a piccola profondità; la quantità di esplosivo da impiegare deve essere determinata attraverso prove necessarie all'ottimizzazione del rapporto segnale/disturbo;
- massa battente in grado di sviluppare almeno 1000 kgm;
- fucile o cannoncino sismico in grado di fornire una velocità alla bocca pari a 400÷600 m/sec.

B. Modalità esecutive

Il rilievo sismico a riflessione dovrà essere eseguito per mezzo di stese lineari con geofoni posti ad intervalli regolari scelti in relazione alla profondità dell'obiettivo da raggiungere.

I punti di origine dell'energia dovranno essere ubicati o nel centro di simmetria del gruppo di registrazione (metodologia "Split Spread") oppure ad un estremo dello stendimento (metodologia "End On" di solito vicino al primo geofono) o infine in posizione distanziata dai due punti precedenti fino ad un massimo di 30÷50 metri dalla stesa ed in direzione ortogonale alla stesa stessa (gap di registrazione).

La geometria della prospezione è legata alla profondità dell'obiettivo (target).

Normalmente la spaziatura ottimale è da considerarsi 1/40 ÷ 1/50 della profondità del target [ad es. target a 100 m = spaziatura 100/40(50) = 2,5(2,0) m] per una copertura del 2400% (cioè shot su tutte le stazioni e registrazione su 48 canali) oppure la metà cioè 1/20 ÷ 1/25 per una copertura del 1200% (cioè shot su tutte le stazioni e registrazione su 24 canali).

In campagna si deve procedere nel modo seguente:

1) definizione del gap di registrazione espresso in metri che deve essere un multiplo intero della distanza intergeofonica.
2) posizionamento della sorgente di energia sul punto iniziale della prospezione.
3) posizionamento della linea sismica con il primo geofono posizionato alla distanza stabilita dal gap.
4) energizzazione nel punto stabilito e registrazione dello scoppio sui geofoni dello stendimento.
5) posizionamento della sorgente di energia in avanti di un valore pari alla distanza intergeofonica.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

6) spostamento di tutti i geofoni della linea in avanti di una unità di distanza intergeofonica
7) energizzazione nel nuovo punto e registrazione dello scoppio sui geofoni dello stendimento.

Tale procedura si ripete fino a che non si è coperta tutta la linea da registrare; per facilitare l'operazione è ammesso l'utilizzo di "Roll Along" elettronico o meccanico.

Per esempio, nel caso di un allineamento di sismica a riflessione con lunghezza 1000 metri, distanza intergeofonica di 10 metri con una molteplicità di copertura del 1200% e registratore a 24 canali, una volta definito il gap (che supponiamo essere di 40 metri) si posiziona la sorgente di energia dopodiché si posa il primo geofono dopo 40 metri lungo la linea dieci metri dopo il secondo geofono e così via fino all'ultimo geofono dello stendimento che si troverà a 230 metri dal primo e a 270 metri dal punto di scoppio. È fondamentale mantenere queste distanze inalterate durante tutta la prospezione. Perciò per lo scoppio successivo è necessario traslare tutto il dispositivo di scoppio e di ricezione in avanti di una distanza intergeofonica (10 metri) tale operazione si deve realizzare fino alla realizzazione di 100 scoppi e conseguentemente 100 spostamenti in avanti dell'intera linea di ricezione.

E' importante conoscere la tipologia del target e dei litotipi indagati per desumerne le caratteristiche di risposta acustica ed in particolare il coefficiente di riflessione (rapporto tra le velocità sismiche tra i vari orizzonti) dal quale ricavare indirettamente il grado di copertura (se il valore è molto basso conviene registrare con coperture molto alte, 2400% o più, se invece è elevato, ad esempio target costituito dal contatto tra detrito e calcari, può essere sufficiente una copertura più bassa, ad esempio 1200%).

L'insieme dei dati acquisiti dovrà essere elaborato organicamente per mezzo di adeguato software che permetta un'ampia possibilità di operazioni di trattamento quali almeno:

- correzioni statiche;
- muting;
- analisi spettrale;
- filtraggi sia nel dominio dei tempi che in quello delle frequenze, con filtri variabili;
- FK filter sia in velocità che polinomiali;
- analisi di velocità (Normal Move Out);
- deconvoluzione;
- stacking;
- correzioni statiche residue;
- migrazione.

Ove non si disponga di una cartografia di base che garantisca la necessaria precisione, si dovrà ricorrere ad un rilievo planoaltimetrico della linea sismica, con precisione di ±0,5 cm, comprendendo i geofoni ed i punti di energizzazione.

Il rilievo dovrà essere appoggiato, per ciascun vertice della linea sismica, ad almeno quattro punti trigonometrici o ad altrettanti punti inequivocabilmente rappresentati e riconoscibili sulla cartografia di base. In questo secondo caso, i singoli punti di appoggio dovranno essere collegati tra loro mediante trilaterazione.

Considerando le attuali disponibilità tecniche di energizzazione le onde di taglio potranno essere rilevate in stendimenti con distanza intergeofonica massima fino a 2,5 m.

Documenti da consegnare.

a) Relazione conclusiva delle attrezzature impiegate, delle operazioni eseguite e dei criteri di calcolo e di elaborazione adottati, integrata da note di commento ed interpretazione delle principali informazioni ottenute sui terreni indagati;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

b) Sismosezioni in ordinate dei tempi (ms) e in ascisse delle distanze (m) atte a configurare le situazioni geotettoniche primarie;
c) Sezioni sismostratigrafche in ordinate delle profondità (m) e in ascisse delle distanze (m) integrate con le indicazioni dei valori relativi ai parametri elastici dei terreni indagati.

3.6.4.3 Prospezione con tecnica Down-Hole

La prospezione sismica Down-Hole misura la velocità di propagazione delle onde sismiche di compressione (Vp) e di taglio (Vs) nei terreni all'intorno di un foro di sondaggio. Le misure si eseguono attraverso il rilievo dei tempi di percorrenza di impulsi sismici da una sorgente emettitrice, posta in superficie, ad una unità ricevente ubicata all'interno del foro di sondaggio, rivestito con idonea tubazione in PVC o ABS.

A. Strumentazione

Il sistema di energizzazione, di tipo esplosivo o meccanico, sarà ubicato in superficie a distanza adeguata dalla bocca foro in funzione della migliore risoluzione dell'indagine.

La sorgente di energia dovrà essere calibrata in funzione della natura e delle caratteristiche dei terreni interessati e che sono da considerarsi noti in quanto le misure geosismiche sono successive alla perforazione dei sondaggi entro i quali si eseguono.

Per il rilievo delle onde trasversali la sorgente di energia dovrà garantire la produzione di impulsi sismici idonei a generare onde a prevalente componente di taglio.

La strumentazione di acquisizione dati deve essere di tipo digitale incrementale con le seguenti caratteristiche:

- sismografo registratore ad almeno 12 canali con capacità di campionamento dei segnali tra 0,025 e 2 msec e dotato di filtri High Pass, Band Pass e Band Reject, di "Automatic Gain Control" e di convertitore A/D del segnale campionato, almeno a 16 bit;
- geofono tri-direzionale con sensori ortogonali (di cui uno verticale e gli altri due orizzontali a 90° dal primo), con frequenza compresa tra 8 e 14 Hz, collegato ad un cavo metrato di sospensione; il geofono deve essere a contatto con il rivestimento per mezzo di un dispositivo di bloccaggio meccanico o pneumatico;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break).
- dispositivo di energizzazione per la generazione di onde P ed onde S, in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali cioè con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione e/o di taglio polarizzate su piani orizzontali (ed eventualmente anche verticali):
  - per onde P:
    - cariche di esplosivo (velocità di detonazione > 5000 m/sec; alta densità di carica);
    - fucile o cannoncino sismico (in genere calibro 8 con proiettili da almeno 80 gr) in grado di fornire una velocità alla bocca ≥ 400 m/sec;
    - apparato ad impatto di tipo meccanico, elettropneumatico o ad aria compressa (in grado di sviluppare almeno 1000 kgm per registrazioni a distanze superiori a 500 m);
  - per onde S:
    - massa battente (mazza da 10 kg) agente su un blocco di legno o calcestruzzo adeguatamente ancorato al terreno e posto nelle adiacenze della bocca foro. La forma del blocco deve essere tale da potere essere colpito lateralmente ad entrambe le estremità.

Altri dispositivi dovranno essere preventivamente approvati dalle Ferrovie.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

B. Modalità esecutive

L'esecuzione della prova Down-Hole richiede la predisposizione di un foro di sondaggio di diametro sufficiente a permettere l'installazione nel foro di un tubo in PVC munito dei necessari complementi per eseguire la cementazione dello stesso da fondo foro verso la superficie.

Durante la perforazione si dovrà avere particolare cura ad evitare rifluimenti in colonna e decompressioni del terreno nell'intorno del foro; l'eventuale rivestimento del foro dovrà essere estratto a trazione, senza rotazione della colonna.

In cantiere, prima dell'installazione del tubo in PVC o ABS, si dovrà provvedere a:
1) controllare che i tubi non presentino lesioni o schiacciamenti dovuti al trasporto con particolare riferimento alle parti terminali;
2) controllare che le estremità dei tubi non presentino irregolarità che possano compromettere il loro buon accoppiamento;
3) verificare l'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione da applicare all'esterno della colonna;
4) controllare e preparare i componenti per la realizzazione della miscela di cementazione che sarà composta da acqua, cemento e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso;
5) controllare gli utensili per l'installazione ed in particolare l'efficienza della morsa di sostegno.

I tubi per prove Down-Hole dovranno avere sezione circolare con spessore ≥ 3 mm e diametro interno ≥ 75 mm. I tubi dovranno essere realizzati in PVC/ABS, in spezzoni in genere di 3 m di lunghezza ed assemblati, preferibilmente, mediante filettatura a vite in modo tale da garantire giunti lisci e a perfetta tenuta.

In linea di massima la posa in opera dovrà seguire la seguente procedura:
1) pulizia accurata della perforazione con acqua pulita;
2) pre-assemblaggio dei tubi in spezzoni di lunghezza in genere pari a 6 m con fasciatura delle giunzioni con nastro autovulcanizzante;
3) montaggio sul primo spezzone del tappo di fondo e fissaggio del tubo per l'iniezione;
4) inserimento del primo tubo predisposto nella perforazione; in presenza di terreni sotto falda si dovrà riempire il tubo con acqua per favorirne l'affondamento;
5) bloccaggio del tubo mediante l'apposita morsa in modo che dalla perforazione fuoriesca solamente l'estremità superiore del tubo in PVC/ABS;
6) inserimento dello spezzone successivo ed esecuzione delle operazioni di incollaggio e sigillatura del giunto;
7) prosecuzione delle operazioni di cui al punto VI. fino al completamento della colonna;
8) inizio della cementazione a partire dal fondo foro, a bassa pressione (≈ 2 atm) attraverso il tubo di iniezione. La cementazione deve risultare priva di sacche d'aria o discontinuità confrontando il volume teorico dell'intercapedine tubo/parete foro con il volume della miscela iniettata. Il rivestimento di perforazione dovrà essere estratto non appena la miscela appare in superficie. Nella fase di estrazione del rivestimento il rabbocco di miscela potrà essere eseguito da testa foro anziché attraverso il tubo di iniezione, per mantenere il livello costante a piano campagna; qualora si noti l'abbassamento del livello della miscela il rabbocco dovrà continuare nei giorni successivi;
9) nella fase finale della cementazione si dovrà provvedere alla installazione, attorno al tratto superiore di prova, di un tubo di protezione in acciaio o PVC pesante (diametro minimo = 120 mm, lunghezza ≥ 1 m). Il tubo dovrà sporgere di almeno 15 cm dalla sommità del tubo di prova e dovrà essere provvisto di un coperchio in acciaio dotato di lucchetto;
10) al termine delle operazioni di cementazione il tubo di prova dovrà essere accuratamente pulito con acqua per eliminare l'eventuale cemento rimasto all'interno della tubazione;
11) verifica della direzione e dello scostamento dalla verticale del foro mediante misure clinometriche, se richiesto da Ferrovie.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

A seguito delle operazioni preliminare su indicate le modalità di esecuzione della prova Down-Hole dovranno seguire la seguente procedura:

1) posizionamento e bloccaggio del ricevitore in corrispondenza del primo punto di prova, ubicato in genere verso il fondo foro;
2) generazione dell'impulso sismico e registrazione degli arrivi delle onde di compressione e di taglio;
3) ripetizione delle operazioni precedenti lungo tutto il foro (o parte di esso) interessato dal rilievo sismico.

Le misure dovranno essere eseguite con la frequenza richiesta dal dettaglio dell'indagine e comunque preventivamente autorizzata con le Ferrovie.

Per il corretto rilievo delle onde di taglio (onde S) il senso dell'impatto alla sorgente deve essere alternato in modo da evidenziare, per uno stesso geofono, un'inversione di fase nelle onde di taglio generate in modo tale da rendere meno incerta la rilevazione nei geofoni orizzontali dei tempi di arrivo delle onde trasversali. A tale scopo si dovrà rilevare con precisione l'orientamento dei geofoni rispetto alla direzione di energizzazione.

Documenti da consegnare

a) Relazione conclusiva contenente sia una nota tecnica descrittiva della prospezione eseguita (con indicazioni del numero del foro, ubicazione, modalità esecutive, caratteristiche della tubazione installata, quote della bocca foro e del fondo foro ecc.), sia gli algoritmi di calcolo impiegati (tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi), nonché una diagrafia con tutte le indicazioni riferibili ai dati misurati o calcolati (stratigrafia del sondaggio, tempi di arrivo delle onde P e S, velocità delle onde di P e S per ogni stazione, velocità intervallari delle onde P e S, attenuazione e fattore Q, coefficiente di Poisson dinamico, moduli di elasticità, di taglio e di compressibilità dinamici, tracce sismografiche onde P e S, risultanze finali ed interpretative).
b) Sismogrammi in originale correlati dalle informazioni necessarie all'identificazione dei singoli tiri.

3.6.4.4 Prospezione con tecnica Cross-Hole

Il metodo sismico Cross-Hole misura la velocità di propagazione delle onde di compressione (Vp) e di taglio (Vs) lungo un percorso orizzontale tra due e più fori di sondaggio all'interno dei quali sono posti rispettivamente la sorgente degli impulsi sismici ed i geofoni ricevitori. I fori dovranno essere paralleli e ad una distanza reciproca compresa tra 5 e 10 m.

A. Strumentazione

Per l'esecuzione della prova Cross-Hole la strumentazione di acquisizione dati dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- sismografo registratore ad almeno 12 canali con capacità di campionamento dei segnali tra 0,025 e 2 msec, dotato di filtri High Pass, Band Pass e Band Reject, di "Automatic Gain Control" e di convertitore A/D del segnale campionato, almeno a 16 bit;
- geofono tri-direzionale con sensori ortogonali (di cui uno verticale e gli altri due orizzontali a 90° dal primo), con frequenza compresa tra 6 -14 Hz, collegato ad un cavo metrato di sospensione; il geofono deve essere a contatto con il rivestimento per mezzo di un dispositivo di bloccaggio manico o pneumatico;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break);
- sistema di energizzazione, preferibilmente di tipo non distruttivo, costituito da un generatore meccanico e/o pneumatico di onde polarizzate sul piano verticale; in alternativa, sono impiegabili sistemi che generano onde sferiche tipo il cannoncino sismico fondo foro, le microcariche di esplosivo o le capsule detonanti. L'Esecutore dovrà dimensionare correttamente la sorgente di energia in funzione della natura e delle caratteristiche dei terreni interessati che sono da considerarsi noti in quanto le misure sono successive alla perforazione dei sondaggi entro i quali si eseguono le stesse.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

B. Modalità esecutive

L'esecuzione della prova Cross-Hole richiede la predisposizione di almeno due fori di sondaggio di diametro sufficiente a permettere l'installazione in ciascun foro di un tubo in PVC/ABS, munito dei necessari complementi per eseguire la cementazione dello stesso da fondo foro verso la superficie.

I fori andranno eseguiti con le stesse modalità della prova Down-Hole cui si rimanda (paragrafo 3.6.4.3 – punto "B. Modalità esecutive").

La distanza tra gli assi dei fori nonché la loro direzione dovrà essere accuratamente misurata mediante un rilievo clinometrico.

La misura della deviazione dell'asse (inclinazione dell'asse e rilievo azimutale) dovrà essere eseguita con una sonda inclinometrica avente caratteristiche di precisione 5' sessagesimali e da un sensore di riferimento magnetico con precisione maggiore di ±2°. La sonda sarà calata nel foro di sondaggio con aste a baionetta in grado di evitare modifiche dell'orientazione azimutale della sonda per l'intera profondità. Le misure inclinometriche dovranno essere eseguite ogni 1÷2 metri di foro.

A seguito delle operazioni preliminare le modalità di esecuzione della prova Cross-Hole dovranno seguire la seguente procedura:

- posizionamento e bloccaggio della sorgente e del/i ricevitore/i in corrispondenza della prima coppia/terna di posizioni coniugate, alla medesima profondità;
- sparo e registrazione degli arrivi degli impulsi longitudinali e di taglio;
- ripetizione delle medesime operazioni per ciascuna coppia/terna di punti coniugati lungo l'intera verticale dei sondaggi o di tratto parziale da indagare.

Le misure dovranno essere eseguite con la frequenza richiesta dal dettaglio dell'indagine e comunque preventivamente autorizzate dalle Ferrovie.

Per il corretto rilievo delle onde di taglio (onde S) il senso dell'impatto alla sorgente deve essere alternato in modo da evidenziare, per uno stesso geofono, un'inversione di fase nelle onde di taglio generate in modo tale da rendere meno incerta la rilevazione, nei geofoni orizzontali, dei tempi di arrivo delle onde trasversali. A tale scopo si dovrà rilevare con precisione l'orientamento dei geofoni rispetto alla direzione di energizzazione.

Documenti da consegnare

a) Relazione conclusiva contenente sia una nota tecnica descrittiva della prospezione eseguita (con indicazioni del numero del foro, ubicazione, modalità esecutive, caratteristiche della tubazione installata, quote della bocca foro e del fondo foro ecc.), sia uno schema geometrico di installazione dei fori (completo di grafici e tabulati del rilievo della verticalità e della distanza tra fori) sia gli algoritmi di calcolo impiegati (tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi), dovrà inoltre contenere una diagrafia con tutte le indicazioni riferibili ai dati misurati o calcolati (stratigrafia del sondaggio, tempi di arrivo delle onde P e S, velocità delle onde di P e S per ogni stazione, velocità intervallari delle onde P e S, attenuazione e fattore Q, coefficiente di Poisson dinamico, moduli di elasticità, di taglio e di compressibilità dinamici, tracce sismografiche onde P e S, misure inclinometriche e risultanze finali ed interpretative);
b) Sismogrammi in originale correlati dalle informazioni necessarie all'identificazione dei singoli tiri.

3.6.4.5 Prospezione geosismica attiva di superficie del tipo Multichannel Analysis of Surface Waves (M.A.S.W.)

La prospezione geosismica attiva di superficie di tipo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves), viene utilizzata per la determinazione del profilo di velocità delle onde di taglio (Vs) e del parametro Vs30

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

(velocità media delle onte di taglio nei primi 30 metri sotto il p.c.), attraverso il rilevamento delle onde Rayleigh, tramite stendimento di 12 o 24 geofoni-ricevitori o accelerometri allineati, disposti con distanza intergeofonica non superiore a 5 metri.

Con tale metodologia vengono determinate le curve di dispersione delle onde superficiali di tipo Rayleig, generate con idonei sistemi di energizzazione e registrate con 12 o 24 geofoni verticali disposti secondo geometria lineare ed offset a distanza non inferiore a tre volte il C-spacing e wave number, aventi diverso periodo di oscillazione (10 Hz, 4,5 Hz).

Documenti da consegnare

a) Relazione riepilogativa contenente:
   - ubicazione della verticale di esplorazione (espressa in termini di coordinate planimetriche ed altimetriche);
   - posizione, rispetto alla verticale, dei ricevitori e della sorgente;
   - descrizione della strumentazione utilizzata;
   - i segnali registrati dai ricevitori, specificando l'interasse corrispondente tra i ricevitori e la posizione della sorgente;
   - il criterio di elaborazione adottato per il calcolo delle velocità e i corrispondenti elaborati;
   - l'inversione del modello di rigidità del sottosuolo fino al raggiungimento del miglior "fitting" tra i dati sperimentali e teorici;
   - il diagramma che riporta le velocità delle onde di taglio stimate sull'asse delle ascisse in funzione della profondità in metri sull'asse delle ordinate, secondo la Normativa Tecnica vigente.

3.6.4.6 Prospezione geofisica con metodo sismico passivo dei microtremori a rifrazione del tipo Refraction Microtremor (Re.Mi.)

La prospezione geofisica con metodo sismico passivo dei microtremori a rifrazione Re.Mi (Refraction Microtremor), permette la determinazione del profilo di velocità delle onde di taglio (Vs) e del parametro Vs30 (velocità media delle onte di taglio nei primi 30 metri sotto il p.c.), attraverso l'utilizzo di uno stendimento di 24 geofoni verticali, disposti con distanza intergeofonica non superiore a 5 metri, con frequenza propria di 4,5 Hz.

Il metodo Re.Mi. consiste nell'acquisizione e nell'analisi dei microtremori, con processo di inversione e interpretazione secondo la metodologia di analisi del rapporto spettrale H/V o di Nakamura, eseguita con stendimento di 24 geofoni verticali non allineati e opportunamente distribuiti.

A. Modalità esecutive

L'acquisizione dati consiste nella registrazione, per la durata di diversi secondi, delle onde di superficie generate dall'ambiente in corrispondenza dello stendimento sismico.

I parametri di acquisizione da adottare dovranno essere i seguenti:

- sample rate 2 m/s;
- record lenght 32 sec.

L'acquisizione delle misure deve essere ripetuta 10 volte, con un intervallo tra un gruppo di prime 5 acquisizioni e il gruppo di successive 5 acquisizioni.

Tra i due gruppi di acquisizione si dovrà provvedere a ruotare di 90° i singoli geofoni, senza modificarne l'ubicazione.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Documenti da consegnare

a) Relazione riepilogativa contenente:
   - grafici del profilo di velocità in onde S e classificazione del sottosuolo ai sensi della Normativa Tecnica vigente;
   - l'inversione del modello di rigidità del sottosuolo secondo la procedura di Nakamura;
   - planimetria con ubicazione dello stendimento;
   - procedure di esecuzione della prova.

3.6.4.7 Prospezione sismica tomografica

La prospezione sismica tomografica, che si esegue in corrispondenza di una sezione delimitata da due superfici comunque inclinate (un foro di sondaggio e la superficie topografica, due fori di sondaggio, ecc..), consiste nel rilievo della velocità di propagazione di onde sismiche generate ad intervalli costanti in corrispondenza di una delle due superfici in modo da ottenere una fitta rete di percorsi sismici che permettano di dettagliare la distribuzione delle velocità sismiche nella sezione indagata.

A. Strumentazione

La strumentazione di acquisizione dati dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- sismografo registratore ad almeno 12 canali con capacità di campionamento dei segnali tra 0,025 e 2 msec, dotato di filtri High Pass, Band Pass e Band Reject, di "Automatic Gain Control" e di convertitore A/D del segnale campionato, almeno a 16 bit;
- geofoni di superficie e da foro con frequenza compresa tra 8 e 14 Hz, collegati ad un cavo metrato; il geofono da foro deve essere a contatto con il rivestimento per mezzo di un dispositivo di bloccaggio meccanico o pneumatico;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break);
- sistema di energizzazione, preferibilmente di tipo non distruttivo; sono impiegabili sistemi quali il cannoncino sismico (in grado di fornire una velocità alla bocca foro di 400-600 m/s), le microcariche di esplosivo. L'Esecutore dovrà dimensionare correttamente la sorgente di energia in funzione della natura e delle caratteristiche dei terreni interessati che sono da considerarsi noti in quanto le misure sono successive alla perforazione dei sondaggi entro i quali si eseguono le stesse.

Nel caso in cui sia previsto anche il rilievo delle onde di taglio i geofoni ed il sistema di energizzazione dovranno avere le caratteristiche indicate nella prova Cross-Hole (paragrafo 3.6.4.4).

B. Modalità esecutive

L'esecuzione della prova sismica tomografica richiede la predisposizione di almeno un foro di sondaggio di diametro sufficiente a permettere l'installazione in ciascun foro di un tubo in PVC munito dei necessari complementi per eseguire la cementazione dello stesso da fondo foro verso la superficie.

I fori andranno eseguiti con le stesse modalità della prova Down-Hole cui si rimanda (paragrafo 3.6.4.3 – punto "B. Modalità esecutive").

La distanza tra gli assi dei fori, nonché la loro direzione, dovrà essere misurata mediante un apposito rilievo inclinometrico. La misura della deviazione dell'asse (inclinazione dell'asse e rilievo azimutale) dovrà essere eseguita con una sonda inclinometrica avente caratteristiche di precisione 5' sessagesimali e da un sensore di riferimento magnetico con precisione maggiore di ±2°.

L'esecuzione della prospezione prevede l'utilizzo di una catena di geofoni se in superficie o di geofoni da foro se all'interno di un foro di sondaggio, posti a distanza prefissata. L'energizzazione dovrà essere eseguita o in foro oppure in superficie. Il posizionamento dei punti di energizzazione dovrà essere in numero uguale o

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

maggiore del numero di sensori impiegati in modo tale da potere ottenere un reticolo di analisi adeguato agli scopi della ricerca ed in ogni caso dovranno essere preventivamente autorizzata dalle Ferrovie.

L'energizzazione inoltre dovrà essere adeguata alle distanze tra le sorgenti ed i ricevitori nonché alla risoluzione richiesta.

A seguito delle operazioni preliminare le modalità di esecuzione della prospezione tomografica saranno di massima le seguenti:

- posizionamento del sistema di energizzazione in un foro (o in superficie) e di una catena di almeno dodici geofoni, collegati in continuità elastica con le pareti del tubo in PVC, nel secondo foro (o in superficie);
- sparo e registrazione dei tempi di arrivo degli impulsi sismici ai geofoni in foro (o in superficie);
- traslazione della sorgente di energia mantenendo fissa la posizione della catena di geofoni;
- ripetizione dell'operazione di sparo e registrazione;
- spostamento della catena di geofoni dopo aver eseguito un numero di tiri pari al numero di geofoni della catena stessa e ripetizione delle operazioni descritte ai punti precedenti.

L'elaborazione delle misure sismiche dovrà essere eseguita con tecnica tomografica suddividendo l'area indagata, delimitata dai fori di sondaggio e dalla superficie di campagna, in celle di dimensioni appropriate in funzione dell'estensione dell'area stessa e del numero di raggi sismici rilevati.

Di norma le celle unitarie avranno forma rettangolare di dimensione orizzontale e verticale (asse x ed asse z) pari rispettivamente a 1/3÷1/5 e 1/5÷1/10 della spaziatura tra i geofoni. A ciascuna cella verrà associato un valore di velocità di propagazione delle onde sismiche. I diversi algoritmi (ART, SIRT, ILST ...) disponibili per l'elaborazione e l'interpretazione dei dati seguono in sostanza un modello di calcolo iterativo i cui passi principali sono così sintetizzabili in:

1) lettura dei primi arrivi;
2) costruzione della famiglia di dati;
3) determinazione del modello di velocità di 1^ fase;
4) calcolo dei tempi teorici di propagazione;
5) confronto tra tempi di propagazione teorici e quelli rilevati;
6) modifica e adattamento del modello di velocità.

Ove non si disponga di adeguata cartografia di base che permetta una precisa ubicazione di tutti i punti di stazione (geofoni e punti di energizzazione), si dovrà ricorrere ad un rilievo planoaltimetrico, con precisione di ±0,5 cm, da riferirsi a capisaldi topografici chiaramente individuati sul terreno e riportati sulla carta topografica.

Documenti da consegnare

a) Relazione descrittiva delle operazioni eseguite, delle attrezzature impiegate e dei criteri logici e matematici di elaborazione delle misure eseguite. La relazione dovrà anche riportare in sintesi i risultati ottenuti, con la relativa interpretazione, e rappresentati nella documentazione grafica prodotta;
b) Planimetria con l'esatta ubicazione delle misure effettuate;
c) Sezioni tomografiche, in tonalità diverse di colore, in termini di ray tracing, di densità dei dati e di velocità delle onde generate;
d) Tabelle dei dati rilevati e di quelli calcolati;
e) Sismogrammi in originale corredati dalle indicazioni necessarie all'identificazione di ogni singolo tiro.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3.6.5 PROVE SONICHE

3.6.5.1 Carotaggio sonico in foro di sondaggio.

Con tale metodo geofisico viene rilevata la velocità delle onde elastiche longitudinali lungo l'asse di un foro mediante una strumentazione dotata di un generatore di impulsi di onde ultrasoniche e di uno o due ricevitori.

A. Strumentazione

La sonda di prova, costituita da un corpo cilindrico, dovrà essere dotata di almeno una sorgente di impulsi sonici (nel campo delle frequenze ultrasoniche) ubicata all'estremità superiore e da 1 oppure 2 ricevitori, all'estremità inferiore, separati da una distanza di 80÷100 cm .

Lo spazio all'interno della sonda deve essere costituito da materiale isolante in grado di impedire la diretta propagazione dell'impulso sonico dalla sorgente al ricevitore lungo la sonda stessa. Nel caso di sonda con due ricevitori, anche questi due dovranno essere separati da un corpo intermedio in grado di assorbire gli impulsi diretti.

La sonda di prova dovrà essere collegata, tramite cavi elettrici di connessione, ad una centralina di ricezione del segnale in grado di registrare il tempo di tragitto dell'impulso da sorgente a ricevitore in millisecondi.

B. Modalità esecutive

Il carotaggio sonico dovrà essere eseguito in foro di sondaggio non rivestito.

La sequenza operativa di esecuzione del carotaggio può essere così sintetizzata:

1) posizionamento della sonda alla quota prefissata (normalmente fondo foro);
2) esecuzione della misura del tempo di percorrenza sorgente-ricevitore/i delle onde elastiche;
3) traslazione della sonda di distanza fissa pari a 0,25÷0,50 m e ripetizione delle operazioni di cui ai punti precedenti.

Documenti da consegnare.

a) Relazione descrittiva delle operazioni eseguite con commenti e valutazioni interpretative dei risultati ottenuti;
b) Diagrafie che correlino, per ciascuna profondità del foro investigato, la corrispondente velocità di propagazione dell'onda nel mezzo oggetto di rilevazione;
c) Diagrammi di registrazione corredati delle indicazioni necessarie a ricostruire la correlazione con la profondità.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3.7 INDAGINI GEOGNOSTICHE

3.7.1 PERFORAZIONI E SONDAGGI.

3.7.1.1 Perforazione ad andamento verticale o con inclinazione inferiore o uguale a 15 gradi, eseguita a distruzione di nucleo.

I sondaggi con perforazione a distruzione di nucleo vengono di norma eseguiti:

- per l'esecuzione di prove geotecniche, geomeccaniche o idrogeologiche a quota prestabilita;
- per l'allargamento del foro prodotto da un attrezzo impiegato per l'esecuzione di una prova in sito;
- per l'attraversamento di strati ad elevata resistenza per consentire l'approfondimento di prove in sito;
- per eseguire sondaggi speditivi atti al riconoscimento indiretto della stratigrafia dei terreni;
- per la posa in opera di strumentazioni ed apparecchiature di controllo e monitoraggio.

A. Strumentazione

A.1. Sonda di perforazione

Le attrezzature da impiegare per la perforazione devono essere esclusivamente del tipo a rotazione o rotopercussione tali da permettere l'esecuzione di quanto descritto ai successivi punti.

Le attrezzature a rotazione devono avere caratteristiche idonee all'esecuzione del programma di indagini con i requisiti minimi sottoelencati:

Velocità di rotazione	0 ÷ 500	(rpm)
Coppia massima	≥ 400	(kgm)
Corsa continua	≥ 150	(cm)
Spinta	≥ 4000	(kg)
Tiro	≥ 4000	(kg)
Pompa per fluidi di perforazione	30÷60 90÷200	[bar (pressione)] [litri (portata)]
Pompa ad alta pressione (100 bar) per il campionamento	presente	
Argano a fune	presente	

La pompa dovrà avere un circuito supplementare per il rabbocco del fluido a testa foro.

Nel caso di impiego di fanghi di circolazione dovrà essere disponibile l'impianto per la preparazione ed il recupero degli stessi.

Tutte le attrezzature operanti dovranno essere dotate di idoneo manometro per il controllo delle condizioni operative.

Il corredo della sonda deve essere completo di tutti gli accessori necessari per l'esecuzione del lavoro degli utensili per la riparazione dei guasti di ordinaria entità.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

A.2. Utensili di perforazione

Dovranno essere disponibili in cantiere:

- triconi o utensili a distruzione dotati di fori radiali per la fuoriuscita del fluido di circolazione;
- carotieri semplici e/o doppi.

A.3. Utensili di pulizia fondo foro

Dovranno essere disponibili in cantiere:

- carotiere semplice con L = 40 ÷ 80 cm;
- attrezzo a fori radiali, da impiegarsi con circolazione di fluido uscente dall'utensile con inclinazione di 45° ÷ 90° rispetto alla verticale;
- campionatore a pareti grosse ∅ = 100 mm, con cestello di ritenuta alla base, per l'asportazione di eventuali ciottoli.

A.4. Rivestimento provvisorio

Nel caso di utilizzo di rivestimenti associati alla perforazione ad aste, essi saranno in acciaio, con le seguenti caratteristiche:

- spessore tubo: s = 8÷10 mm
- diametro esterno: ∅est =127÷152 mm
- lunghezza spezzoni: L = 50÷200 cm

La tubazione di rivestimento provvisorio deve avere un diametro adeguato al diametro dell'utensile di perforazione e deve essere infissa dopo ogni manovra fino alla quota raggiunta dalla perforazione stessa.

A.5. Strumenti di controllo e prova

Devono fare parte del corredo delle attrezzature anche i seguenti strumenti:

- scandaglio a filo graduato per la misurazione della quota effettiva di fondo foro;
- sonda piezometrica elettrica;
- penetrometro tascabile (fondo scala 0,5 e 1 MPa) e scissometro tascabile (fondo scala 100 e 240 kPa);
- sclerometro da roccia tipo L (martello di Schmidt) per la misura della resistenza;
- profilografo a pettine (pettine di Barton) per il rilievo dei profili di rugosità dei giunti;
- calibro e spessimetro a lamelle per la misura dell'apertura dei giunti;
- HCl diluito al 5% per la classificazione di rocce carbonatiche.

Le Ferrovie si riservano la possibilità di autorizzare l'impiego di attrezzature con requisiti diversi da quelli sopraelencati.

B. Modalità esecutive

B.1. Generalità

La perforazione a distruzione di nucleo, a rotazione o a rotopercussione, può essere eseguita con diametro variabile (comunque non inferiore a mm 100 a meno di specifica richiesta delle Ferrovie) impiegando gli utensili di cui al punto precedente.

La eventuale proposta di modifica del diametro di perforazione, definita in funzione delle prove da eseguire e/o degli strumenti da installare in foro, dovrà essere preventivamente approvata dalle Ferrovie.

Se necessario dovrà essere impiegata una tubazione metallica provvisoria di rivestimento con le caratteristiche di cui al punto precedente.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Per quanto riguarda la stabilità del fondo foro, la pulizia dello stesso, il rilievo della falda, l'eventuale prelievo di campioni indisturbati nonché il riempimento dei fori di perforazione si dovrà fare riferimento a quanto specificato per i sondaggi a carotaggio continuo.

Se durante l'esecuzione della perforazione è richiesta la registrazione continua dei parametri di perforazione la spinta applicata all'utensile dovrà essere mantenuta costante per l'intera verticale di prova e dovrà essere tale da assicurare il superamento dei livelli più resistenti senza eccessiva perdita di leggibilità dei risultati negli strati meno resistenti.

Il fluido di circolazione sarà costituito da fanghi bentonitici o polimerici salvo diverse indicazioni da parte delle Ferrovie.

B.1.1. Perforazione a distruzione di nucleo nei terreni sciolti

Nei terreni sciolti a granulometria fine (argilla, limo e sabbia) la perforazione sarà eseguita a rotazione con l'impiego di scalpelli a lame con circolazione di acqua e fango bentonitico con o senza polimeri.

Nei materiali sciolti a granulometria grossolana (ghiaia, ciottoli) si useranno di preferenza scalpelli a rulli (triconi).

In entrambi i casi le pareti del foro saranno sostenute con tubi di rivestimento provvisorio oppure con fanghi bentonitici o a base di polimeri.

Nei casi in cui le condizioni lo consentano, la perforazione potrà essere eseguita solamente con i tubi di rivestimento provvisorio, con circolazione di acqua e fango. In tal caso si potranno rendere necessarie delle manovre di pulizia del foro.

Nei terreni sciolti con presenza di grossi elementi lapidei (blocchi, trovanti) alternati a terreni a granulometria minore potrà essere utilizzato l'impiego del metodo di perforazione Odex. Tale metodo prevede l'uso combinato di un martello a fondo foro con eccentrico e del rivestimento metallico provvisorio.

B.1.2. Perforazione a distruzione di nucleo nelle rocce

Nei materiali lapidei la perforazione a distruzione verrà eseguita a rotazione o a rotopercussione. Nel primo caso si userà uno scalpello a rulli (tricono) con circolazione di acqua o fango. Nel secondo caso, invece, si userà il martello a fondo foro e, come fluido, aria in pressione eventualmente insieme a prodotti schiumogeni.

I detriti di perforazione dovranno essere prelevati durante l'avanzamento di tutto il sondaggio e dopo essere stati lavati dovranno essere disposti, ove richiesto dalle Ferrovie, nelle cassette catalogatrici con l'indicazione chiara del sondaggio e dell'intervallo di profondità di riferimento.

B.1.3. Registrazione continua dei parametri di perforazione

Ove richiesto dalle Ferrovie, per tutta la perforazione e/o parte di essa, dovranno essere registrati, in funzione del tempo o della profondità di perforazione, tramite idonei sensori elettrici di misura direttamente collegati ai circuiti di trasmissione oleopneumatica, i seguenti parametri:

- velocità di rotazione dell'utensile (Vr);
- velocità istantanea di avanzamento (Va);
- spinta applicata sull'utensile di perforazione (PCS);
- pressione del fluido di circolazione (PIF);
- coppia di rotazione assorbita.

Ove possibile dovrà inoltre essere determinato, in continuo, anche il volume del fluido iniettato dalla pompa solidale all'attrezzatura di perforazione utilizzata ed allo scopo opportunamente attrezzata.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Il numero dei parametri di perforazione da registrare, non dovrà essere comunque inferiore a tre (velocità istantanea di avanzamento, spinta sull'utensile di perforazione, coppia di rotazione).

La registrazione dei parametri dovrà avvenire preferibilmente con la frequenza di un'operazione di memorizzazione per 1 cm di avanzamento dell'utensile oppure con la frequenza di una registrazione al minuto, nel caso di avanzamenti inferiori a 1 cm/minuto. In ogni caso la frequenza di registrazione non dovrà mai essere superiore a 5 cm di avanzamento.

I dati rilevati dovranno essere memorizzati tramite idoneo registratore (analogico/digitale) e dovranno poter essere elaborati automaticamente in cantiere, prevedendo allo scopo dispositivi di visualizzazione o di stampa delle diagrafie provvisorie tali da consentire ove necessario la verifica da parte delle Ferrovie della validità, oltre che dell'accuratezza, del programma di prove attuato.

Al termine delle prove saranno consegnati i grafici contenenti, in ascisse, le scale di riferimento relative a ciascun parametro misurato ed, in ordinate, i tempi e/o le relative profondità d'investigazione.

Le diagrafie di cui alla presente voce dovranno inoltre indicare il tipo di operazione condotta (perforazione o campionamento).

La bocca dei sondaggi dovrà essere sistemata con chiusino oppure si dovrà procedere attraverso intasamento del foro di sondaggio con miscela cementizia costituita dai seguenti componenti nelle proporzioni elencate (in peso):

- acqua: 100
- cemento: 30
- bentonite: 5

L'inserimento della miscela nel foro di sondaggio sarà eseguito dal fondo, in risalita, con una batteria di tubi apposita o con manichetta flessibile. Il riempimento del foro dovrà risultare omogeneo e privo di cavità.

Documenti da consegnare

Per ogni perforazione eseguita dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

a) Colonna stratigrafica, basata sull'esame dei detriti, con esplicite indicazioni relative a:
   - cantiere;
   - numero e ubicazione precisa della perforazione;
   - data di inizio e di ultimazione;
   - attrezzatura e sistema di perforazione;
   - utensile/i di perforazione;
   - fluido/i di circolazione;
   - accorgimenti per assicurare la stabilità delle pareti del foro;
   - quota assoluta del piano campagna;
   - profondità e quota assoluta iniziale e finale di ogni strato di terreno attraversato;
   - numero ed ubicazione delle carote prelevate;
   - inclinazione del foro mediante misure dei cateti orizzontale e verticale del triangolo rettangolo avente per ipotenusa la direzione di perforazione riferito al nord;
   - natura e caratteristiche geolitologiche di massima dei terreni attraversati;
   - presenza ed ubicazione precisa dei livelli acquiferi eventualmente intercettati e relative quote di livello statico;
   - eventuali anormalità o difficoltà particolari riscontrate durante la perforazione, nonché qualsiasi altra indicazione ritenuta utile dall'operatore o dalle Ferrovie ai fini dell'indagine.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.

3.7.1.1.1 Sondaggio per Indagini Ambientali

Nel caso di sondaggi geognostici a distruzione di nucleo per indagini ambientali, l'esecuzione di tutte le attività dovrà essere svolta in osservanza alla normativa vigente in materia ambientale.

Tutte le fasi di perforazione e di campionamento dovranno essere eseguite da personale specializzato dotato di strumentazione e attrezzature adeguate, costruiti con materiali e modalità tali che il loro impiego non modifichino le caratteristiche delle matrici ambientali e la concentrazione delle sostanze contaminanti.

Si dovrà evitare la diffusione della contaminazione nell'ambiente circostante e nella matrice ambientale campionata (cross-contamination) durante le operazioni di perforazione, allestimento e prelievo dei campioni. A tal fine, saranno controllati i circuiti idraulici delle macchine e di tutte le attrezzature utilizzate durante le perforazioni e il campionamento per evitare le perdite di olio, lubrificanti, carburanti e altre sostanze; nel caso di perdite e/o fuoriuscite accidentali si dovrà rimuoverle prontamente ed accertarsi che queste non abbiano prodotto contaminazione del campione o del terreno.

Per la decontaminazione delle attrezzature dovrà essere predisposta un'area delimitata e opportunamente impermeabilizzata, posta a una distanza dall'area di prelievo-campionamento sufficiente a evitare la diffusione dell'inquinamento delle matrici campionate.A fronte di quanto detto, saranno eseguiti i lavaggi di: carotiere, aste di perforazione e rivestimenti metallici, prima dell'inizio della perforazione e a ogni manovra di perforazione; la pulizia dei contenitori e dell'impianto per l'eventuale acqua di circolazione di perforazione, prima dell'inizio di ogni sondaggio.

Al termine di ogni perforazione saranno decontaminati tutti gli attrezzi e gli utensili che hanno operato sia in superficie sia in profondità. Tali operazioni saranno compiute con acqua in pressione per mezzo di una idropulitrice a vapore.

Le apparecchiature e gli attrezzi dovranno essere asciugati mediante evaporazione naturale o in caso di condizioni climatiche avverse con carta assorbente esente da contaminazione.

In caso di eventi meteorici le operazioni di decontaminazione dovranno essere effettuate al riparo dalle acque di pioggia al fine di garantire assenza di alterazioni del campione.

Utensili non facilmente pulibili (funi, guanti) dovranno essere sostituiti con nuovi al termine di ogni trivellazione.

Al termine delle operazioni o in attesa di essere riutilizzati gli attrezzi e le apparecchiature decontaminati dovranno essere conservati in condizioni tali da evitare la contaminazione.

Le attrezzature utilizzate dovranno essere in perfette condizioni di manutenzione e operatività e permettere la perforazione in terreno di qualsiasi natura; sarà facoltà delle Ferrovie far sostituire il materiale di perforazione non conforme alle presenti specifiche e/o ritenuto non idoneo ai fini della tipologia d'indagine in oggetto.

I sondaggi saranno preferibilmente realizzati con una sonda meccanica a rotazione, del diametro di 101 mm e rivestimento a seguire del diametro di 127 mm; sarà verificata, a cura e oneri dell'Esecutore, la provenienza e la qualità dell'acqua utilizzata come fluido di perforazione, mediante lo svolgimento regolare di analisi chimiche.

Tutte le operazioni di perforazione saranno coordinate dal geologo, responsabile tecnico, che redigerà la stratigrafia intercettata ove possibile.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Dovrà essere segnalata e registrata sul giornale di campo ogni venuta d'acqua nel foro, specificando la profondità e stimando l'entità del flusso. Nel caso di perforazioni di durata superiore alla giornata, si dovrà eseguire la misura del livello piezometrico a fine giornata e si avrà cura di proteggere il foro da eventuali contaminazioni esterne.

Il livello piezometrico sarà registrato anche il giorno successivo, alla ripresa delle operazioni di perforazione e al termine delle stesse, annotando il tutto sui moduli di campagna.

La quota del fondo foro sarà verificata tramite scandaglio a filo graduato. Apposite manovre di pulizia saranno eseguite qualora vi sia differenza tra quota raggiunta con la perforazione e quota misurata con scandaglio.

È vietato l'impiego di lubrificanti di origine non naturale per i filetti, l'impiego di corone e scarpe verniciate e dovranno essere assolutamente evitate perdite derivanti dagli impianti idraulici.

Documenti aggiuntivi da consegnare

Per ogni sondaggio di tipo ambientale, in aggiunta alla documentazione prevista per i sondaggi non ambientali, dovrà essere consegnata:

1) Una Relazione conclusiva e riepilogativa di tutte le attività svolte, contenente:
   - informazioni relative all'ubicazione del sito, con planimetria riportante ubicazione dei punti di indagine con coordinate planimetriche e altimetriche misurate con GPS;
   - procedure di campionamento seguite e modalità di gestione dei campioni;
   - eventuali procedure di decontaminazione adottate;
   - informazioni dettagliate su tutte le anomalie riguardanti la perforazione (come ad esempio franamenti o rifluimenti all'interno del foro, perdite di fluido di perforazione, venute d'acqua, presenza di acque di falda, prove e campionamenti non terminati, presenza di gas, variazione nella velocità di avanzamento, ecc..), da registrate dettagliatamente nel rapporto di perforazione .

3.7.1.2 Sondaggio geognostico ad andamento verticale o con inclinazione inferiore o uguale a 15 gradi eseguito a carotaggio continuo.

La perforazione a carotaggio continuo si esegue quando, per il riconoscimento del terreno, devono essere prelevati, senza soluzione di continuità, campioni rappresentativi dei sedimenti e deve essere rilevata la completa stratigrafia dei terreni attraversati nonché la presenza e la natura delle discontinuità.

L'esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo dovrà permettere quindi:
- la descrizione stratigrafica in chiave geotecnica e/o geomeccanica dei materiali incontrati nella perforazione;
- il prelievo di campioni indisturbati;
- l'esecuzione in foro di prove geotecniche, geomeccaniche e idrogeologiche;
- l'attrezzaggio del foro per prove di controllo e di monitoraggio;
- il rilievo del livello piezometrico della falda.

A. Strumentazione

A.1. Sonda di perforazione

Le attrezzature da impiegare per la perforazione devono essere del tipo a rotazione o rotopercussione tali da permettere l'esecuzione di quanto descritto ai successivi punti.

Le attrezzature a rotazione devono avere caratteristiche idonee all'esecuzione del programma di indagini con i requisiti minimi elencati di seguito:

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Velocità di rotazione	0 ÷ 500	(rpm)
Coppia massima	≥ 400	(kgm)
Corsa continua	≥ 150	(cm)
Spinta	≥ 4000	(kg)
Tiro	≥ 4000	(kg)
Pompa per fluidi di perforazione	30÷60 90÷200	[bar (pressione)] [litri (portata)]
Pompa ad alta pressione (100 bar) per il campionamento	presente	
Argano a fune	presente	

La pompa dovrà avere un circuito supplementare per il rabbocco del fluido a testa foro.

Nel caso di impiego di fanghi di circolazione dovrà essere disponibile l'impianto per la preparazione ed il recupero degli stessi.

L'eventuale impiego di fluidi di circolazione e raffreddamento dovrà essere approvato dalle Ferrovie. L'utilizzo di fanghi richiede l'adozione di un impianto per la preparazione, il recupero e la pulizia medesimi.

Tutte le attrezzature operanti dovranno essere dotate di idoneo manometro avente lo scopo di controllare rapidamente che non vi siano sovrappressioni del fluido di perforazione sia durante la perforazione sia durante il prelievo di campioni indisturbati.

Il corredo della sonda deve essere completo di tutti gli accessori necessari per l'esecuzione del lavoro degli utensili per la riparazione dei guasti di ordinaria entità.

A.2. Utensili di perforazione

Dovranno essere disponibili in cantiere:

- carotiere semplice, con valvola di testa a sfera e calice per perforazione a secco:
  - diametro nominale: ∅est = 101÷146 mm
  - lunghezza utile: L = 150÷300 cm
- carotiere doppio a corona sottile (T2, T6) con estrattore per perforazione con fluido:
  - diametro nominale: ∅est ≥ 101 mm
  - lunghezza utile: L = 150÷300 cm
- carotiere triplo con porta campione interno estraibile ed apribile longitudinalmente (T6S), con estrattore per perforazione con fluido:
  - diametro nominale: ∅est ≥ 101 mm
  - lunghezza utile: L = 150 cm
- corone di perforazione in widia e diamantate;
- aste di perforazione con filettatura troncoconica:
  - diametro esterno: ∅est = 67÷76 mm
  - lunghezza utile: L = 150 cm, 300 cm

Nel caso di avanzamento con metodologia wire-line dovranno essere disponibili carotieri doppi (PQ, HQ) e/o tripli (PQ3, HQ3).

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

A.3. Utensili di pulizia fondo foro

Dovranno essere disponibili in cantiere:

- carotiere semplice L = 40÷80 cm;
- attrezzo a fori radiali, da impiegarsi con circolazione di fluido uscente dall'utensile con inclinazione di 45° ÷ 90° rispetto alla verticale;
- campionatore a pareti grosse ∅ = 100 mm, con cestello di ritenuta alla base, per l'asportazione di eventuali ciottoli.

A.4. Rivestimento provvisorio

Nel caso di utilizzo di rivestimenti associati alla perforazione ad aste, essi saranno in acciaio, con le seguenti caratteristiche:

- spessore tubo: s = 8÷10 mm
- diametro esterno: ∅est =127÷152 mm
- lunghezza spezzoni: L = 50÷200 cm

La tubazione di rivestimento provvisorio deve avere un diametro adeguato al diametro dell'utensile di perforazione e deve essere infissa dopo ogni manovra fino alla quota raggiunta dalla perforazione stessa.

A.5. Strumenti di controllo e prova

Devono fare parte del corredo delle attrezzature anche i seguenti strumenti:

- scandaglio a filo graduato per la misurazione della quota effettiva di fondo foro;
- sonda piezometrica elettrica;
- penetrometro tascabile (fondo scala 0,5 e 1 MPa) e scissometro tascabile (fondo scala 100 e 240 kPa);
- sclerometro da roccia tipo L (martello di Schmidt) per la misura della resistenza;
- profilografo a pettine (pettine di Barton) per il rilievo dei profili di rugosità dei giunti;
- calibro e spessimetro a lamelle per la misura dell'apertura dei giunti;
- HCl diluito al 5% per la classificazione di rocce carbonatiche.

Le Ferrovie si riservano la possibilità di autorizzare l'impiego di attrezzature con requisiti diversi da quelli sopraelencati.

B. Modalità esecutive

B.1. Installazione dell'attrezzatura di perforazione

L'installazione della postazione di sondaggio e di tutte le attrezzature necessarie deve essere effettuata in modo da consentire agli operatori accesso e permanenza agevoli nell'area di lavoro, compatibilmente con l'accessibilità generale dell'area di lavoro.

Se richiesto dalle condizioni ambientali, si dovranno eseguire, nell'area interessata, la regolarizzazione del piano di campagna mediante asportazione o riporto di terra o materiale arido ed ogni opera provvisionale atta ad impedire ristagni d'acqua.

L'attrezzatura di perforazione dovrà essere posizionata sulla verticale da indagare in modo che l'inclinazione ed eventualmente la direzione del foro non cambino in seguito a spostamenti accidentali dell'attrezzatura stessa.

Prima di iniziare la perforazione occorre orientare la guida di scorrimento della testa di rotazione della sonda secondo l'inclinazione e la direzione desiderata.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

In presenza di sondaggi verticali, l'inclinazione dovrà essere controllata normalmente con una livella a bolla di lunghezza non inferiore a 50 cm oppure con un filo a piombo. In presenza di sondaggi inclinati, l'inclinazione dovrà essere fissata mediante un goniometro controllato tramite calcoli trigonometrici.

B.2. Perforazione a carotaggio continuo

Il sistema e le modalità di perforazione con carotaggio devono essere tali da rendere minimo il disturbo provocato nei terreni attraversati e tali da consentire il campionamento del terreno mediante prelievi di campioni dall'utensile di perforazione. La perforazione, inoltre, deve consentire il prelievo di campioni indisturbati nonché l'esecuzione di prove geotecniche, geomeccaniche ed idrogeologiche.

Il carotaggio dovrà essere integrale e rappresentativo dei terreni attraversati con una percentuale di recupero minima non inferiore al 90%.

In linea generale ed in relazione alle caratteristiche dei terreni la perforazione dovrà essere eseguita secondo le seguenti linee guida:

1) nei terreni litoidi: a rotazione con corona a widia o a diamanti ed impiego di carotiere semplice, doppio o triplo;
2) nei terreni coesivi: a rotazione con impiego di carotiere semplice senza fluido di circolazione oppure con impiego di carotiere doppio/triplo con debole circolazione di fluido;
3) nei terreni granulari: a rotazione con impiego di triplo carotiere o con carotiere semplice senza fluido di circolazione (a secco).

I carotieri saranno azionati ad aste: in alternativa si possono utilizzare, a seguito di approvazione delle Ferrovie, sistemi "wire-line" purché si ottenga la percentuale di carotaggio richiesta e non si producano dilavamenti e/o rammollimenti del materiale. Qualora richiesto dalle Ferrovie, l'Esecutore desisterà dall'uso del sistema wire-line per proseguire con il tradizionale sistema ad aste.

B.2.1. Perforazione a carotaggio continuo nei terreni sciolti

La perforazione a carotaggio continuo sarà di norma eseguita mediante carotiere semplice.

Il carotiere semplice è un tubo di acciaio la cui estremità inferiore è costituita da una corona provvista generalmente di inserti di widia. All'estremità superiore deve essere posizionata una valvola di non ritorno a sfera che impedisca all'acqua presente nelle aste di perforazione di venire a contatto con la carota riducendone così il disturbo e la possibilità che la carota stessa fuoriesca dal carotiere.

Nei terreni sciolti (argilla, limo, sabbia, ghiaia, ciottoli) l'avanzamento del carotiere dovrà avvenire sempre a secco senza impiego di fluidi di perforazione per impedire il dilavamento delle frazioni fini.

Nei terreni sabbiosi e/o ghiaiosi per evitare l'essiccamento del materiale e la formazione dei cosiddetti "tappi" (materiale "bruciato") si dovrà regolare la velocità di rotazione su valori bassi e incrementare la pressione di spinta oppure avanzare per mezzo della sola pressione di spinta, senza rotazione, mediante piccoli movimenti in su e giù della batteria di aste collegate alla testa di rotazione o all'argano di sollevamento.

In presenza di terreni estremamente molli sarà necessario posizionare in prossimità della corona un porta-estrattore con estrattore a cestello per impedire al materiale di sfilarsi.

Al termine della manovra di carotaggio il carotiere dovrà essere estratto molto lentamente mantenendo il battente d'acqua il più elevato possibile con continui rabbocchi, al fine di evitare che la carota si sfili per effetto pistone.

Nei materiali granulari per evitare che la carota si sfili, sarà necessario eseguire il "tappo" negli ultimi 10-20 cm di carotaggio di ogni manovra essiccando il materiale in modo che si attacchi alle pareti del carotiere; questa operazione sarà eseguita mediante rotazione e spinta sull'utensile.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Per le operazioni di estrazione della carota dovrà essere utilizzato un estrusore idraulico oppure una scarotatrice dotata di un regolatore della pressione di estrusione e di un tampone a tenuta che impedisca il contatto della carota con il fluido di spinta.

Prima di ogni manovra di campionamento o di prova geotecnica in foro dovrà essere misurata con precisione la profondità del foro utilizzando uno scandaglio a filo graduato. Qualora vi sia differenza tra la quota raggiunta con la perforazione e la quota misurata si deve procedere alla pulizia del foro con apposita manovra.

La pompa utilizzata per la circolazione dei fanghi dovrà avere una potenza atta a sviluppare una adeguata velocità di fuoriuscita dei fanghi stessi dal foro onde impedire la decantazione dei detriti nel foro di sondaggio.

B.2.2. Perforazione a carotaggio continuo nei materiali lapidei

Nei materiali litoidi la perforazione a carotaggio continuo può essere eseguita con il metodo ad aste e doppio carotiere oppure con il metodo wire line.

Di norma il sistema ad aste viene adottato fino a profondità di indagine pari a 80 m, mentre il sistema wire line è preferito per profondità superiori a 80 m .

Il doppio carotiere è costituito da due tubi di acciaio coassiali; quello interno non ruota per mezzo di una speciale testa con cuscinetti a sfera.

L'intercapedine tra i due tubi consente il passaggio del fluido di perforazione che potrà essere acqua, fango bentonitico o polimeri in funzione del materiale incontrato.

L'utensile di taglio sarà costituito da corona diamantata o da corona con prismi di widia.

Nella perforazione di rocce molto compatte o di calcestruzzo si dovrà utilizzare un carotiere doppio con corona diamantata e fluido di perforazione costituito da acqua.

In presenza di rocce fratturate si useranno i carotieri tripli con fluidi di perforazione costituiti da acqua, fanghi bentonitici o polimeri.

Il sistema wire line prevede l'impiego di aste speciali che funzionano anche da tubi di rivestimento provvisorio e di uno speciale doppio carotiere collegato alla prima asta.

Il tubo interno del doppio carotiere, al termine di ogni manovra di carotaggio, dovrà essere recuperato mediante l'uso di un attrezzo di pescaggio che viene calato in foro con una fune all'interno delle aste wire line.

Per le operazioni di scarotatura (estrazione della carota) dovrà essere utilizzato un estrusore idraulico oppure una scarotatrice dotata di un regolatore della pressione di estrusione e di un tampone a tenuta che impedisca il contatto della carota con il fluido di spinta.

B.3. Rivestimento provvisorio

Per evitare franamenti delle pareti del foro, la perforazione deve essere eseguita impiegando una tubazione metallica provvisoria di rivestimento o utilizzando fango bentonitico o a polimeri, salvo prescrizioni diverse delle Ferrovie. La necessità del rivestimento provvisorio è da verificarsi in relazione alle reali caratteristiche del terreno.

In generale la perforazione sarà seguita dal rivestimento provvisorio del foro solo in previsioni o assenza di autosostentamento delle pareti con l'uso del fluido in circolazione. La pressione del fluido sarà la minore possibile e controllata tramite manometro. Il disturbo arrecato al terreno deve essere contenuto nei limiti minimi, fermando se necessario la scarpa del rivestimento a 20÷50 cm dal fondo foro (con esclusione del metodo wire-line).

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Di norma, il rivestimento è installato a rotazione con circolazione di fluido il cui livello deve essere sempre mantenuto mediante aggiunta opportuna fino ad una quota tale da bilanciare la pressione idrostatica nel terreno naturale (in particolare durante l'estrazione della batteria di aste).

Nei tratti di perforazione seguiti da prelievi di campioni indisturbati e/o da prove in sito al fondo foro, l'infissione della tubazione di rivestimento, così come la perforazione quando fatta con fluido di circolazione, devono avvenire evitando punte di pressione del fluido dovute ad infissione molto rapida, a formazione di "anelli" all'esterno del rivestimento oppure a formazione di tappi nel carotiere.

A tal fine occorre operare (verificando sul manometro o sul registratore) in modo che la pressione del fluido, al piano lavoro, non superi mai quella naturale alla quota del fondo foro (pari a circa 0,1 bar per ogni metro di profondità).

Al fine di minimizzare il disturbo al fondo foro il rivestimento dovrà essere arrestato 0,5 m al di sopra della quota di campionamento e/o di prova di sito prevista.

B.4. Fluidi di circolazione

Il fluido di circolazione durante l'avanzamento del rivestimento e, se consentito dalle Ferrovie, nelle fasi di perforazione potrà essere costituito da:

- acqua;
- fango bentonitico;
- fanghi polimerici.

Il fango bentonitico dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- viscosità, misurata con viscosimetro Marsh, maggiore di 45 gradi Marsh;
- acqua libera minore o uguale al 2%.

La confezione e la circolazione del fango bentonitico devono essere eseguiti mediante l'uso di adeguati mescolatori, pompe, vasche di decantazione ed eventuali additivi di appesantimento o intasanti.

La composizione del fango bentonitico, prima dell'impiego deve possedere i requisiti di uniformità, costanza e stabilità richiesti e durante l'impiego non deve dar luogo a fenomeni di flocculazione.

Possono essere utilizzati fanghi polimerici o altri fluidi speciali subordinati all'approvazione delle Ferrovie e a condizione che il fluido proposto, oltre a esplicare le funzioni di raffreddamento, di asportazione dei detriti e di eventuale sostentamento del foro, non pregiudichi la qualità del carotaggio, la possibilità di eseguire prove in sito e, soprattutto, che sia biodegradabile.

L'uso di sola acqua pulita è tassativamente prescritto nel caso si eseguano prove di permeabilità in foro.

Nel caso di installazione di piezometri è ammesso solamente l'uso di acqua o di fanghi polimerici biodegradabili entro 72 ore.

La bentonite dovrà essere verificata prelevando alcuni campioni da sacchi distinti; i campioni sottoposti ad un esame visivo non devono presentare alcuna alterazione per effetto dell'umidità. Analoga verifica dovrà essere eseguita su giacenze di bentonite in deposito per un periodo superiore a tre settimane.

Dovranno essere eseguiti periodici controlli della densità (peso di volume unitario) e della viscosità del fluido ed a tal fine dovrà disporre in cantiere di apposito bilancino per la misura speditiva della densità.

B.5. Stabilità del fondo foro

La stabilità del fondo foro dovrà essere assicurata in ogni fase della lavorazione con particolare attenzione nei casi in cui il terreno necessiti di rivestimento provvisorio.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Il battente di fluido in colonna deve essere mantenuto prossimo a bocca foro mediante rabbocchi progressivi specialmente durante l'estrazione del carotiere e delle aste.

L'estrazione degli utensili deve avvenire con velocità iniziale molto bassa (1÷2 cm/sec), eventualmente intervallata da pause di attesa per il ristabilimento della pressione idrostatica del fluido sul fondo foro. Ciò riguarda le fasi dell'estrazione del carotiere e delle fustelle dei campionatori ad infissione conclusa.

Devono essere evitati indesiderabili effetti di risucchio che possono anche verificarsi nel caso di brusco sollevamento della batteria di rivestimento, qualora essa risulti occlusa all'estremità inferiore dal terreno per insufficiente circolazione di fluido durante l'infissione.

B.6. Pulizia del fondo foro

La quota del fondo foro dovrà essere misurata con scandaglio a filo graduato prima di ogni manovra di campionamento indisturbato o di qualsiasi tipo di prova eseguita in foro.

Apposite manovre di pulizia saranno eseguite quando la differenza tra quota raggiunta con la perforazione e quota misurata con scandaglio supererà le seguenti tolleranze:

- 7 cm, prima dell'uso di campionatori privi di pistone fisso o sganciabile meccanicamente e di prove SPT;
- 10 cm, prima dell'uso di campionatori con pistone fisso o sganciabile meccanicamente.

B.7. Rilievo della falda

Nel corso della perforazione dovrà essere rilevato in forma sistematica il livello della falda nel foro. Le misure devono essere eseguite in particolare ogni mattina e ogni sera, prima di riprendere in lavoro ed al termine dello stesso, con annotazione dei seguenti dati:

- livello dell'acqua nel foro rispetto al piano campagna;
- quota del fondo foro;
- quota della scarpa dell'eventuale rivestimento;
- data ed ora della misura.

Tali annotazioni dovranno comparire anche nella documentazione definitiva del lavoro.

B.8. Campionamento nei sondaggi

Il numero dei campionamenti, la relativa quota in foro di sondaggio e la tipologia di campione da prelevare (indisturbato o rimaneggiato) dovrà essere autorizzato dalle Ferrovie.

Le modalità di campionamento possono prevedere il prelievo dei seguenti tipi di campione:

B.8.a. rimaneggiato, raccolto fra i testimoni del carotaggio di qualsiasi litologia;
B.8.b. indisturbato, prelevato con campionatore a pistone, fune, rotativo, in terreni coesivi e semicoesivi;
B.8.c. campioni di carota lapidea prelevati nel corso del carotaggio in terreni rocciosi o manufatti in muratura, in cls o manufatti in muratura, in cls o in lastre di rivestimento o in terreni naturali consolidati artificialmente.

I campioni di tipo B.8.a. e B.8.b. devono assicurare una rappresentazione veritiera della distribuzione granulometrica del terreno; i campioni di tipo B.8.b. e B.8.c. non devono subire deformazioni strutturali rilevanti e conservare inalterati:

- contenuto d'acqua (solo B.8.b.);
- peso di volume apparente;
- deformabilità;
- resistenza al taglio.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Tutti i campioni prelevati devono essere chiaramente contraddistinti mediante etichette inalterabili in cui siano riportate le seguenti informazioni:

- cantiere;
- numero del sondaggio e del campione;
- profondità di prelievo;
- data di prelievo;
- tipo di campionatore;
- orientamento del campione (parte alta, parte bassa).

I dati relativi al numero del campione, al tipo di campionatore impiegato ed al metodo di prelievo devono essere riportati nell'elaborato della stratigrafia anche nel caso di campionamenti non riusciti.

Nei campioni indisturbati si dovranno pulire accuratamente le estremità del campione rimuovendo le parti di terreno disturbato. Le estremità della fustella devono essere sigillate mediante uno strato di paraffina fusa e con due tappi chiusi ermeticamente con nastro adesivo impermeabile.

Tutti i campioni prelevati dovranno essere ricoverati in locali adatti, chiusi, asciutti prima del sollecito invio al laboratorio geotecnico.

B.8.a. Campioni rimaneggiati

I campioni rimaneggiati devono essere selezionati dal "carotaggio" nella fase di sistemazione dello stesso nella cassetta catalogatrice.

Essi devono essere rappresentativi della granulometria e del materiale prelevato.

Dovranno essere sigillati in sacchetti o barattoli di plastica trasparente, contraddistinti con un cartellino indelebile posto all'esterno del sacchetto o del barattolo con le indicazioni di cui sopra.

Devono quindi essere ricoverati in un locale riparato e successivamente inviati al laboratorio geotecnico.

La quantità necessaria è di circa 0,5 kg per i terreni fini e di circa 5 kg per quelli grossolani (con ghiaia).

I dati sopraelencati dovranno essere riportati anche sulla stratigrafia del sondaggio.

Rientrano in questa categoria di campioni gli spezzoni delle carote (di lunghezza ≥ 15 cm) prelevate con la perforazione in roccia o in strati cementati; essi devono essere selezionati nella fase di sistemazione nella cassetta catalogatrice, puliti, descritti e ricoperti quindi con paraffina fusa.

Preferibilmente dovranno essere poi inseriti in contenitori cilindrici rigidi con l'indicazione indelebile dei dati di riconoscimento del singolo campione.

B.8.b. Campioni indisturbati

La fustella dei campionatori dovrà essere a pareti sottili in acciaio inox con i seguenti parametri dimensionali:

- rapporto L/Di ≥ 7,5
- rapporto delle aree:

$$c_p = \frac{D_{est}^2 - D_i^2}{D_i^2} \cdot 100 \quad \leq 15$$

- coefficiente di spoglia interna:

$$c_i = \frac{D_i - D}{D} \cdot 100 = 0{,}0 \div 0{,}5 \text{ per campioni corti e } 0{,}75 \div 1{,}0 \text{ per campioni lunghi}$$

- diametro utile ≥ 85 mm

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Con:
L = lunghezza utile della fustella
D_i = diametro interno della fustella
D_{est} = diametro esterno della fustella
D = diametro all'imboccatura della fustella

La fustella deve essere liscia, priva di cordoli, non ovalizzata. Il prelievo dei campioni può essere eseguito, a seconda della compattezza del terreno, con l'uso dei seguenti strumenti:

1) Campionatore a pistone infisso idraulicamente (tipo Osterberg)

   Il campionatore ad infissione idraulica del pistone (tipo Osterberg) può essere utilizzato con profitto in terreni coesivi aventi resistenza al taglio ≤ 200 kPa, in relazione alla potenza della pompa utilizzata; può essere impiegato con risultati positivi anche in sabbia fine da poco a mediamente addensata.

2) Campionatore a fune con infissione meccanica del pistone

   Il campionatore a fune con pistone agganciabile permette il campionamento in terreni la cui consistenza arresta la fustella spinta idraulicamente. Può essere utilizzato positivamente in sostituzione del campionatore Shelby di cui presenta la stessa capacità penetrativa (utilizza la spinta meccanica della batteria di aste) con i vantaggi del pistone.

3) Campionatore rotativo a pareti sottili

   Il campionatore rotativo a pareti sottili, con scarpa sporgente, permette di campionare i terreni la cui consistenza arresta l'infissione a pressione della fustella. Viene spinto e ruotato meccanicamente dalla batteria di aste, in presenza di fluido di circolazione.

4) Altri campionatori

   I campionatori tradizionali (Shelby, Denison, Mazier) possono essere utilizzati solo in seguito alla preventiva autorizzazione delle Ferrovie. Altri tipi di campionatore possono essere utilizzati salvo preventivo parere da parte delle Ferrovie.

L'infissione del campionatore deve avvenire in un'unica tratta, senza soluzione di continuità e senza flessioni o rotazioni del campionatore.

I campionatori a pistone devono essere costruiti in modo da poter portare alla pressione atmosferica, a fine prelievo, la superficie di contatto fra la parte alta del campione ed il pistone.

Nel campione rotativo, la sporgenza della fustella dal carotiere esterno può essere regolata a priori tra 0,5 e 3 cm, ma deve poi rimanere costante durante ciascun prelievo.

Il prelievo di campioni indisturbati deve seguire la manovra di perforazione e precedere quella di rivestimento a quota; nel caso di autosostentamento del foro nel tratto scoperto non esista anche per il breve lasso di tempo necessario al prelievo, si dovrà rivestire prima di campionare avendo cura di fermare l'estremità inferiore del rivestimento metallico provvisorio 0,2÷0,5 m più alta della quota di inizio prelievo, ripulendo quindi il fondo foro. Si dovrà inoltre evitare qualsiasi eccesso di pressione nel fluido di perforazione nella fase di installazione del rivestimento. A tal fine la pressione del fluido a testa foro dovrà essere controllabile in ogni instante attraverso un manometro di basso fondo scala (10 bar) da escludersi nelle fasi di campionamento Osterberg, ove sono necessarie pressioni maggiori.

B.8.c. Campioni di carota di roccia e/o di strati cementati

I campioni di roccia, oltre ad assicurare una rappresentazione litologica della roccia, non devono subire rotture meccaniche al momento del prelievo conservando inalterate le caratteristiche strutturali.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

I campionatori utilizzabili sono:

1) *Doppio carotiere NT6S:* si tratta di un doppio carotiere a rotazione costituito da due tubi indipendenti e munito di corona a scarico frontale in modo da preservare il campione dal fluido di perforazione. Il tubo interno, non rotante, ha la funzione di contenitore del campione; tale tubo campionatore è divisibile longitudinalmente a metà e permette l'esame immediato del campione senza doverlo estrudere meccanicamente.
   Il campione, quindi, può essere trasferito nella cassetta portacampioni senza alcun disturbo.
2) *Doppio carotiere NT6S con modifica:* si tratta di un carotiere NT6S il cui tubo interno originale viene sostituito con due adattatori che permettono l'alloggiamento di una fustella portacampioni in PVC.
   In questo modo si possono ottenere dei campioni di qualità in fustella con formazioni difficili quali argilliti e marne.
3) *Triplo carotiere wire line:* si tratta di un campionatore wire line a tripla parete con fustelle portacampioni in PVC trasparente che permette di prelevare campioni fino a 3 m di lunghezza totale. Le caratteristiche della fustella in PVC trasparente permettono una descrizione geomeccanica di dettaglio del campione prelevato direttamente in cantiere e la possibilità di scegliere la parte più idonea del campione da sottoporre alle prove di laboratorio.
   Questo tipo di campionatore permette il prelievo di campioni significativi per prove di laboratorio anche su litotipi dotati di caratteristiche meccaniche particolarmente scadenti.

B.9. Cassette catalogatrici

Le carote estratte nel corso della perforazione dovranno essere sistemate in apposite cassette catalogatrici (in legno, metallo, plastica pressofusa o similari), munite di scomparti divisori e coperchio apribile a cerniera.

B.10. Registrazione dei parametri di perforazione

Durante tutta o parte della perforazione su richiesta delle Ferrovie, dovranno essere registrati:

- velocità di rotazione dell'utensile (Vr);
- velocità istantanea di avanzamento (Va);
- spinta applicata sull'utensile di perforazione (PCS);
- pressione del fluido di circolazione (PIF);
- coppia di rotazione assorbita.

Ove possibile dovrà inoltre essere determinato, in continuo, anche il volume del fluido iniettato dalla pompa solidale all'attrezzatura di perforazione utilizzata ed allo scopo opportunamente attrezzata.

Il numero dei parametri di perforazione da registrare, non dovrà essere comunque inferiore a tre (velocità istantanea di avanzamento, spinta sull'utensile di perforazione, coppia di rotazione).

La registrazione dei parametri dovrà avvenire preferibilmente con la frequenza di un'operazione di memorizzazione per 1 cm di avanzamento dell'utensile oppure con la frequenza di una registrazione al minuto, nel caso di avanzamenti inferiori a 1 cm/minuto. In ogni caso la frequenza di registrazione non dovrà mai essere superiore a 5 cm di avanzamento.

I dati rilevati dovranno essere memorizzati tramite idoneo registratore (analogico/digitale) e dovranno poter essere elaborati automaticamente in cantiere, prevedendo allo scopo dispositivi di stampa delle diagrafie provvisorie tali da consentire ove necessario la verifica da parte delle Ferrovie della validità, oltre che dell'accuratezza, del programma di prove attuato.

Al termine delle prove saranno consegnati i grafici contenenti, in ascisse, le scale di riferimento relative a ciascun parametro misurato ed, in ordinate, i tempi e/o le relative profondità d'investigazione.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Le diagrafie di cui alla presente voce dovranno inoltre indicare il tipo di operazione condotta (perforazione o campionamento).

B.11. Riempimento dei fori di sondaggio con miscele cementizie

Il foro di sondaggio, all'interno del quale non è stata installata alcuna strumentazione o non è prevista alcuna successiva prova idraulica, geotecnica e meccanica, dovrà essere riempito con miscela cementizia costituita dai seguenti componenti nelle proporzioni elencate (in peso):

- acqua: 100
- cemento: 30
- bentonite: 5

L'inserimento della miscela nel foro di sondaggio sarà eseguito dal fondo, in risalita, con una batteria di tubi apposita o con manichetta flessibile.

Il riempimento del foro dovrà risultare omogeneo e privo di cavità.

B.12. Sistemazione al piano campagna della bocca di sondaggio

Quando il foro di sondaggio deve essere ispezionabile si dovrà provvedere alla sistemazione della bocca del sondaggio al piano di campagna in modo da evitare manomissioni esterne e in modo da permettere di eseguire i controlli periodici e le letture delle apparecchiature installate in sito.

La sistemazione della bocca del foro potrà essere eseguita mediante semplice flangia in ferro zincato con chiusura di sicurezza oppure, nel caso in cui la situazione locale lo richieda, si dovrà provvedere alla formazione di un adeguato pozzetto in muratura o conglomerato cementizio corredato di chiusino carrabile.

B.13. Descrizione stratigrafica, geotecnica, geomeccanica

B13.1. Sondaggio in terreni

Per ciascuno strato o livello attraversato deve essere fornita una esauriente descrizione stratigrafica e geotecnica determinando i seguenti elementi che verranno descritte nel seguito:

a) tipo di terreno;
b) morfometria dei clasti;
c) condizioni di umidità naturale;
d) compattezza;
e) colore;
f) struttura;
g) odore;
h) reazione all'HCl
i) particolarità aggiuntive.

a) Tipo di terreno

I diversi terreni sono raggruppabili in quattro gruppi principali:

- Terreni granulari (blocchi, ciottoli, ghiaia, sabbia) se prevalgono grani visibili ad occhio nudo (d>0,006 mm), privi di coesione se asciutti;
- Terreni coesivi (limo, argilla): se prevalgono grani non visibili ad occhio nudo, dotati di coesione se asciutti;
- Terreni organici o vegetali: se prevalgono materiali organici o vegetali;
- Torbe: se prevalgono resti lignei.

Per la definizione del tipo di terreno, si farà riferimento alla tabella 3.7.1.2-1.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Tabella 3.7.1.2-1

Definizione		Diametro dei grani (mm)	Criteri di identificazione
Blocchi		> 200	Visibili ad occhio nudo
Ciottoli		60 – 200	
Ghiaia	Grossolana	20 – 60	
	Media	6 - 20	
	Fine	2 – 6	
Sabbia	Grossolana	0,6 – 2	
	Media	0,2 – 0,6	
	Fine	0,06 – 0,2	
Limo		0,002 – 0,06	Visibile a occhio nudo solo se grossolano, poco plastico, dilatante, lievemente granulare al tatto. Si disgrega velocemente in acqua, si essicca velocemente, possiede coesione ma può essere polverizzato tra le dita.
Argilla		< 0,002	Plastica, non dilatante, liscia al tatto. Si appiccica alle dita, si disgrega lentamente in acqua, si asciuga lentamente, si ritira durante l'essiccazione. I frammenti asciutti possono essere rotti ma non polverizzati tra le dita.
Terreno organico o vegetale			Contiene una rilevante percentuale di sostanze organiche.
Torba			Predominano i resti lignei non mineralizzati. Colore scuro. Bassa densità

Secondo le raccomandazioni AGI il nome del terreno è dato dalla classe granulometrica predominante seguita dalla denominazione della frazione secondaria secondo il seguente schema:

- preceduta dalla preposizione "con" se compresa tra il 50 ed il 25% (es. argilla con limo);
- seguita dal suffisso "-oso" se tra il 25 ed il 10% (es. argilla limosa);
- preceduta dal termine "debolmente" e seguita dal suffisso "-oso" se tra il 10 ed il 5% (es. argilla debolmente limosa).

b) Morfometria dei clasti

Della frazione grossolana (blocchi, ciottoli, ghiaia) si dovrà specificare:

- la natura litologica e l'origine;
- il diametro massimo e medio dei grani;
- la percentuale e la composizione della matrice;
- il grado di uniformità della composizione granulometrica;
- la morfometria con riferimento a:
  - forma: misura delle relazioni esistenti tra le tre dimensioni di un grano (elementi discoidali, sferoidali, lamellari, allungati);
  - sfericità: valutazione quantitativa dell'equidimensionalità di un grano, indipendente dalla misura della forma e dell'arrotondamento (alta sfericità, bassa sfericità);
  - grado di arrotondamento: determinazione della curvatura degli spigoli secondo le definizioni della tabella 3.7.1.2-2.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Tabella 3.7.1.2-2

Definizione	Criteri di identificazione
Angolare	Nessuno smussamento. Le particelle presentano spigoli vivi, facce relativamente piane.
Subangolare	Mantiene forma originale con evidenze di smussamento. Le particelle presentano spigoli arrotondati, facce relativamente piane.
Subarrotondata	Smussamento considerevole e riduzione dell'area di superficie del clasto. Le particelle presentano facce pressoché piane, con spigoli ben arrotondati.
Arrotondata	Rimozione delle superfici originali, con qualche superficie piatta. Le particelle presentano facce incurvate e assenza di spigoli.
Ben arrotondata	Superficie interamente compresa da curve ben arrotondate. Le particelle presentano facce tondeggianti.

c) Condizioni di umidità naturale

Le condizioni di umidità del terreno naturale saranno definite utilizzando uno dei seguenti termini:

- asciutto;
- debolmente umido;
- umido;
- molto umido;
- saturo.

Si deve descrivere la condizione propria del terreno naturale, escludendo quanto indotto dall'eventuale fluido di circolazione.

d) Compattezza

Il grado di compattezza dovrà essere descritto in termini di consistenza nel caso di terreni coesivi (argilla, limo) ed in termini di addensamento nel caso di terreni granulari (sabbia, ghiaia).

Lo stato di consistenza dei terreni coesivi sarà descritto misurando la resistenza al penetrometro tascabile sulla carota appena estratta e scortecciata con una frequenza 1 (una) prova ogni 30÷50 cm (purché il materiale non sia fortemente disturbato). In alternanza alle prove con penetrometro tascabile dovranno essere eseguite prove con scissometro tascabile, sempre sulla carota appena estratta e scortecciata.

In aggiunta, le caratteristiche di consistenza dei terreni coesivi possono essere integrate dalle prove manuali riportate nella tabella 3.7.1.2-3.

Il grado di addensamento nei terreni granulari può essere descritto sulla base dei risultati della prova SPT, come indicato nella tabella 3.7.1.2-4.

In presenza di cementazione, nei terreni granulari, se ne dovrà valutare il grado secondo quanto riportato nella tabella 3.7.1.2-5..

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Tabella 3.7.1.2-3

Definizione	Resistenza al penetrometro tascabile (kPa)	Prove manuali
Molto tenero	< 25	Espelle acqua quando strizzato tra le dite.
Tenero	25 - 50	Si modella tra le dita con poco sforzo. Si scava facilmente
Mediamente consistente	50 - 100	Si modella tra le dita con un certo sforzo. Offre una certa resistenza allo scavo.
Consistente	100 - 200	Non si modella tra le dita. E' difficile da scavare
Molto consistente	200 - 400	E' molto resistente tra le dita, può essere scalfito con l'unghia del pollice e si scava con molta difficoltà.
Duro	> 400	Può essere scalfito con difficoltà con l'unghia del pollice

Tabella 3.7.1.2-4

Descrizione	N_{SPT} (colpi/30 cm)	Prove manuali
Sciolto	0 - 4	Si scava facilmente con un badile
Poco addensato	4 - 10	Si scava abbastanza facilmente con un badile e si penetra con una barra
Moderatamente addensato	10 – 30	Difficile da scavare con un badile o da penetrare con una barra
Addensato	30 – 50	Molto difficile da penetrare, si scava con un piccone
Molto addensato	> 50	Difficile da scavare con un piccone

Tabella 3.7.1.2-5

Definizione	Criteri di identificazione
Debole	Si sbriciola o si rompe con una piccola pressione delle dita
Moderata	Si sbriciola o si rompe con una considerevole pressione delle dita
Forte	Non si sbriciola o si rompe con la pressione delle dita

e) Colore

Il colore dovrà essere descritto subito dopo l'estrazione della carota facendo riferimento alle carte colorimetriche Munsell definendo il colore predominante e la sua gradazione, la luminosità ed il tono.

Nei terreni granulari si dovrà descrivere il colore della matrice.

f) Struttura

La descrizione della struttura dei terreni dovrà evidenziare gli elementi significativi del deposito con particolare riferimento alla presenza o meno di discontinuità. In presenza di materiali coesivi si dovrà mettere in evidenza la presenza di tessiture brecciate (ad es. presenza di elementi consistenti in matrice molle) o di zone di taglio (superfici lisciate o striate).

Per la descrizione della struttura si potrà fare riferimento alla tabella 3.7.1.2-6.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Tabella 3.7.1.2-6

Definizione	Criteri di identificazione
Stratificata	Alternanza di strati con spessore e/o colore diverso. Spessore maggiore di 20 mm
Laminata	Alternanza di strati con spessore e/o colore diverso. Spessore minore di 20 mm
Fessurata	Presenza di fratture lungo piani definiti
Massiva	Materiale coesivo che se suddiviso in piccole porzioni mantiene identica resistenza alla rottura del terreno originario
Lenticolare	Inclusione di piccole parti di materiale differente in lenti di spessore noto (ad es. lenti sabbiose in argilla)
Omogenea	Colore e aspetto uniforme

La stratificazione dovrà essere descritta precisandone la spaziatura, come indicato nella tabella 3.7.1.2-7.

Tabella 3.7.1.2-7

Spessore medio (mm)	Descrizione
> 2000	Stratificazione in banchi
600 – 2000	Strati di elevato spessore
200 – 600	Strati di medio spessore
60 – 200	Strati di sottile spessore
20 – 60	Strati di spessore molto sottile
6 – 20	Laminazione
< 6	Laminazione sottile

Le alternanze regolari di tipi litologici diversi (ad es. sabbia e argilla) possono essere definite con il termine di "interstratificazione" o "alternanza".

g) Odore

I terreni contenenti quantità rilevanti di materiale organico presentano un caratteristico odore di vegetazione in decomposizione che dovrà essere evidenziato nel modulo stratigrafico.

h) Reazione all'HCl

La reazione all'acido cloridrico sarà descritta definendo qualitativamente l'effetto dell'acido sul materiale, come indicato nella tabella 3.7.1.2-8.

i) Particolarità aggiuntive (stato di alterazione; stratificazione: spessore ,forma ecc; fratture)

Ad integrazione degli elementi descrittivi sopra indicati, nel modulo stratigrafico dovranno inserite tutte quelle informazioni e particolarità utili alla definizione delle caratteristiche stratigrafico-geotecniche dei terreni.

A titolo di esempio, è opportuno segnalare la presenza di: radici; manufatti, riporti, materiale di discarica; fossili; sostanze deperibili, friabili, solubili.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Tabella 3.7.1.2-8

Definizione	Criteri di identificazione
Reazione nulla	Nessuna reazione visibile
Reazione debole	Reazione tranquilla, con bolle che si formano lentamente
Reazione forte	Reazione violenta, con bolle che si formano immediatamente

B13.2. Sondaggio in rocce

Per ciascuno litotipo attraversato deve essere fornita una esauriente descrizione stratigrafica e geomeccanica finalizzata all'individuazione delle caratteristiche della roccia intatta e dell'ammasso roccioso mediante la determinazione dei parametri più significativi che influenzano il comportamento dell'ammasso oggetto dell'indagine. Ciò dovrà permettere, tra l'altro, l'applicazione di diverse classificazioni geomeccaniche (Bieniawski, Barton, Hoek ecc..), secondo le indicazione che saranno impartite dalle Ferrovie.

Dovranno essere determinati i seguenti elementi caratteristici:

a) natura petrografica;

b) caratteri strutturali;

c) alterazione;

d) resistenza della roccia intatta;

e) descrizione delle discontinuità;

f) percentuale di carotaggio totale;

g) percentuale di carotaggio modificata (RQD);

h) dimensione degli spezzoni di carota.

a) Natura petrografica

La natura petrografica delle rocce deve essere definita facendo riferimento alle usuali classificazioni litologiche e descrivendone compiutamente i costituenti principali e secondari.

E' preferibile basarsi su uno schema di classifica relativamente semplice evitando dettagli di scarso rilievo tecnico.

Nella descrizione si dovrà fare riferimento, oltre che alle caratteristiche litologiche, alle modalità di formazione, alla costituzione mineralogica ed alle caratteristiche tessiturali della roccia.

b) Caratteri strutturali

Si dovrà descrivere la roccia in funzione dello stato di aggregazione, delle dimensioni, della forma e della natura dei suoi costituenti.

Possono essere utilizzati allo scopo i termini descrittivi suggeriti dall'Associazione Geotecnica Italiana e riportati nella tabella 3.7.1.2-9.

c) Alterazione

Si dovrà evidenziare la presenza o meno di fenomeni di disgregazione meccanica e/o di dissoluzione e decomposizione chimica.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Per la descrizione dell'alterazione dell'ammasso roccioso si può fare riferimento alle indicazioni dell'ISRM, riportate nella tabella 3.7.1.2-10.

Tabella 3.7.1.2-9

Struttura	Descrizione
Compatta	Non è possibile distinguere i componenti della roccia ad occhio nudo
Granulare:	È possibile distinguere ad occhio nudo i costituenti della roccia
Cristallina	I singoli elementi sono costituiti da individui cristallini
Clastica	I singoli elementi sono costituiti da frammenti di rocce o minerali
Orientata:	I singoli elementi sono più o meno allineati secondo una direzione
Laminata	La roccia si divide facilmente in frammenti con forma di lamine o scaglie più o meno estese o sottili
Scistosa	La distribuzione di minerali micacei secondo superfici piane e parallele provoca una più o meno facile suddivisibilità della roccia secondo tali superfici

Tabella 3.7.1.2-10

Definizione	Criteri di identificazione
Fresca	Non vi sono segni visibili di alterazione, possibile una leggera decolorazione sulla superficie delle maggiori discontinuità
Leggermente alterata	La decolorazione indica una alterazione della roccia e delle superfici di discontinuità. Tutto il materiale può essere decolorato e talvolta può essere all'esterno meno resistente della roccia fresca all'interno.
Moderatamente alterata	Meno della metà del materiale è decomposto e/o disgregato come un terreno. La roccia fresca è presente come uno scheletro continuo o all'interno dei singoli blocchi
Fortemente alterata	Più della metà del materiale è decomposto e/o disgregato come un terreno. La roccia fresca è presente come uno scheletro continuo o all'interno dei singoli blocchi
Completamente alterata	Tutto il materiale è decomposto e/o disgregato come un terreno. La struttura massiva originaria è ancora largamente intatta
Suolo residuale	Tutto il terreno è trasformato in terreno. La struttura dell'ammasso è distrutta. Vi è un forte cambiamento di volume ma il terreno è rimasto in posto e non ha subito trasporti significativi

d) Resistenza della roccia intatta

La resistenza della roccia intatta dovrà essere stimata attraverso prove speditive quali:

- prova con il martello di Schmidt;
- prova di carico puntuale (Point Load Strenght Test espressa in MPa)

La prova con il martello di Schmidt consiste nel misurare l'altezza di rimbalzo di una massa che percuote la superficie della roccia con una energia prefissata. Dall'altezza di rimbalzo, per mezzo di grafici predisposti, si ottiene una stima approssimativa della resistenza a compressione della roccia.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La prova di carico puntuale consiste nel portare a rottura un pezzo di carota o un frammento di forma irregolare di roccia mediante l'applicazione di un carico diametrale tra due punte di forma standardizzata.

Per rendere confrontabili i risultati, i valori ottenuti devono essere normalizzati riferendoli ad un diametro standard di 50 mm.

Dalla prova si ottiene un indice di resistenza Is50 correlato, tramite una relazione sperimentale, con la resistenza a compressione della roccia:

$$Is_{50} = F * P / (D_e)^2$$

dove:
F = fattore correttivo per la dimensione uguale a $(D_e/ 50)0.45$
P = carico applicato(MN)
De = $(4 * A / \Pi)0.45$
A = sezione minore direzione trasversale del campione (mm^2)

e) Descrizione delle discontinuità

In prima analisi si dovrà definire la continuità della roccia evidenziando la presenza o meno di discontinuità facendo riferimento alla tabella 3.7.1.2-11.

Tabella 3.7.1.2-11

Definizione	Criteri di identificazione
Roccia intatta	Prima dello scavo la roccia è priva di discontinuità, sia pure capillari
Roccia stratificata	Attraversata da superfici piane e parallele con resistenza scarsa o nulla
Roccia poco fratturata	Attraversata da poche discontinuità variamente orientate e molto distanziate
Roccia fratturata	Roccia con discontinuità ravvicinate comunque orientate (da ravvicinate a molto ravvicinate), strette (a labbra combacianti) o beanti (aperte) vuote o riempite di materiale di alterazione
Roccia completamente frantumata	Non alterata dal punto di vista chimico, con i caratteri di un prodotto di frantoio

In secondo luogo, in presenza di discontinuità si deve definirne la tipologia e le caratteristiche principali quali spaziatura, scabrezza, apertura, grado di alterazione, materiale di riempimento e inclinazione.

e.1. Tipo di discontinuità

Per la descrizione del tipo di discontinuità si potrà fare riferimento alla seguente nomenclatura:

- giunto: discontinuità di origine meccanica che interrompe la continuità di un corpo litologicamente omogeneo e lungo la quale non è avvenuto alcun scorrimento;
- piano di strato: discontinuità correlata alla variazione delle condizioni di sedimentazione, all'interno di una stessa formazione (rocce sedimentarie);
- faglia: discontinuità di origine meccanica lungo la quale è riconoscibile l'avvenuto scorrimento;
- contatto: discontinuità che segna il passaggio tra tipi litologici differenti;
- scistosità: piani di debolezza connessi all'orientazione preferenziale in letti e bande di alcuni componenti mineralogiche della roccia (rocce metamorfiche);

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- clivaggio: superfici di fissilità parallele, molto ravvicinate, spesso parallele ai piani assiali delle pieghe di formazioni stratificate.

In presenza di un giunto è necessario evidenziare se esso è attribuibile all'azione meccanica del carotaggio oppure se è naturale.

Laddove possibile deve essere determinato anche il numero di famiglie di discontinuità riconoscibili.

e.2. Spaziatura

Definisce la distanza perpendicolare tra discontinuità adiacenti appartenenti alla stessa famiglia.

Per la classificazione del parametro si può fare riferimento, in accordo a ISRM, alla tabella 3.7.1.2-12.

Tabella 3.7.1.2-12

Spaziatura media (mm)	Descrizione
> 6000	Discontinuità estremamente distanziate
2000 - 6000	Discontinuità molto distanziate
600 - 2000	Discontinuità distanziate
200 – 600	Discontinuità moderatamente distanziate
60 – 200	Discontinuità vicine
20 - 60	Discontinuità molto vicine
< 20	Discontinuità estremamente vicine

L'indice della spaziatura delle fratture I_f si determina contando il numero di discontinuità comprese in una lunghezza unitaria di carota:

$$I_f = \frac{lunghezza\ \ unitaria\ \ (1\ \ m)}{numero\ \ discontinuità}$$

La determinazione di questo indice deve essere condotta subito dopo l'estrazione dei campioni dal foro in modo da evitare il conteggio delle fratture che in alcune rocce possono verificarsi per effetto dell'essiccamento.

e.3. Scabrezza

Definisce il profilo di una discontinuità dovuta alla presenza o meno di irregolarità sulla sua superficie.

La scabrezza può essere classificata secondo tre famiglie principali (piana, ondulata, a gradini) ciascuna delle quali è ulteriormente suddivisa in tre sottogruppi (rugosa, liscia, levigata).

La scabrezza di una discontinuità può essere determinata in modo speditivo e nel contempo quantitativo, mediante profilometro tascabile (pettine di Barton), confrontando il suo profilo con le classi di scabrezza proposte da Barton a ciascuna delle quali corrisponde un valore del parametro adimensionale JRC (Joint Roughness Coefficient).

e.4. Apertura

Definisce la distanza perpendicolare tra le due pareti di una discontinuità (Tabella 3.7.1.2-13).

In genere la descrizione dell'apertura di una discontinuità intersecata da un sondaggio non è sempre possibile o, comunque, non è sempre rappresentativa della reale situazione in sito.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumeriato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Tabella 3.7.1.2-13

Apertura media (mm)	Descrizione
$< 0,1 \div \leq 0,5$	Discontinuità chiusa
$\geq 0,5 \div \leq 10$	Discontinuità beante
> 10	Discontinuità aperta

e.5. Grado di alterazione

Qualitativamente, il grado di alterazione all'intorno di una discontinuità può essere descritto in funzione di quanto indicato nella tabella 3.7.1.2-14, proposta da ISRM.

Tabella 3.7.1.2-14

Termine	Descrizione
Roccia fresca	Nessun segno visibile di alterazione
Roccia decolorata	Si osserva un cambiamento di colore rispetto alla roccia inalterata. Si deve evidenziare se il cambiamento di colore interessa tutta la superficie oppure solo qualche componente minerale
Roccia decomposta	La roccia è ridotta come un terreno. La struttura originaria è intatta ma alcuni o tutti i costituenti minerali sono decomposti
Roccia disintegrata	La roccia è ridotta come un terreno. La struttura originaria è intatta. La roccia è friabile ma i componenti minerali non sono decomposti.

Quantitativamente, il grado di alterazione di una discontinuità può essere stimato mediante la prova con il martello di Schmidt che permettere di determinare l'indice sclerometrico.

Utilizzando l'apposito diagramma, si ricava la resistenza a compressione della parete della discontinuità (JCS: Joint wall Compressive Strenght).

Il rapporto tra la resistenza della parete di una discontinuità con quella di una superficie intatta della roccia può essere rappresentativo dello stato di alterazione della discontinuità.

e.6. Materiale di riempimento

E' rappresentato dal materiale di varia natura interposto tra le due superfici di una discontinuità.

Può essere costituito da ricristallizzazioni mineralogiche (calcite), da minerali accessori (clorite, talco) oppure da argilla, limo breccia di frizione ecc..

Il materiale di riempimento dovrà essere descritto sia in termini di composizione sia in termini di spessore in mm.

Se il riempimento è di tipo argilloso, dovrà essere valutata anche la resistenza al taglio mediante prova con penetrometro tascabile, oppure attraverso una stima mediante quanto indicato nella tabella 3.7.1.2-15.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Tabella 3.7.1.2-15

Denominazione	Criteri di identificazione	Resistenza a compressione (MPa)
Argilla molto morbida	Facilmente penetrabile con il pugno	< 0,025
Argilla morbida	Facilmente penetrabile con il pollice	0,025 – 0,05
Argilla consistente	Penetrabile con il pollice con sforzo moderato	0,05 – 0,1
Argilla rigida	Intaccabile con il pollice ma con grande sforzo	0,1 – 0,25
Argilla molto rigida	Facilmente intaccabile con l'unghia del pollice	0,25 – 0,5
Argilla dura	Intaccabile con difficoltà con l'unghia del pollice	> 0,5

e.7. Inclinazione

L'inclinazione della discontinuità sarà espressa come angolo, misurato in senso orario mediante goniometro, tra la perpendicolare dell'asse di perforazione ed il piano della discontinuità.

f) Percentuale di carotaggio totale

E' data dal rapporto percentuale tra la lunghezza della carota (sommatoria di tutti gli spezzoni di carota compresi i tratti recuperati in frammenti) e la lunghezza della manovra di carotaggio.

g) Percentuale di carotaggio modificata (RQD)

L'indice RQD (Rock Quality Designation) è definito come rapporto percentuale tra la somma delle singole lunghezze dei pezzi di carota maggiori o uguali a 10 cm e la lunghezza del tratto carotato.

$$RQD = \frac{\Sigma l_i}{l_f} \cdot 100 \quad |\%|$$

dove
l_i = singole lunghezze degli spezzoni di carota ≥10 cm
l_f = lunghezza totale del tratto carotato (per lunghezza del tratto carotato si intende l'effettivo avanzamento anche se minore della lunghezza del carotiere)

Nel calcolo dell'indice RQD dovrà essere esaminata attentamente la natura delle fratture; superfici di fratture fresche, rotte in modo regolare e giuntabili facilmente dipendono dall'azione meccanica di carotaggio e pertanto i pezzi corrispondenti devono essere messi insieme e contati come un unico pezzo.

Di norma devono essere considerate discontinuità naturali caratteristiche dell'ammasso le fratture lisce, apparentemente fresche ma non ricongiungibili e quelle contenenti prodotti di degradazione meteorica o alterazioni, elementi cementanti nonché striature.

In caso di rotture oblique, la lunghezza del singolo spezzone di carota deve essere misurato in corrispondenza dell'asse della carota.

Tabella 3.7.1.2-16

RQD (%)	Qualità della roccia
0-25	molto scadente
25-50	scadente
50-75	discreta
75-90	buona
90-100	ottima

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

h) Dimensione degli spezzoni di carota

Il rilievo della dimensione lineare degli spezzoni di carota integra le informazioni derivate dall'indice RQD.

La misura deve essere eseguita lungo l'asse degli spezzoni di carota non considerando eventuali fratture meccaniche.

Si dovranno distinguere tre classi di lunghezza degli spezzoni di carota:
- spezzoni con dimensioni inferiori a 5 cm;
- spezzoni con dimensioni tra 5 e 10 cm;
- spezzoni con dimensioni superiori a 10 cm.

Documenti da consegnare

Per ogni perforazione eseguita dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

a) Colonna stratigrafica con esplicite indicazioni relative a:
   - cantiere;
   - numero e ubicazione precisa del sondaggio;
   - data di inizio e di ultimazione;
   - attrezzatura e sistema di perforazione;
   - utensile/i di perforazione;
   - fluido/i di circolazione;
   - accorgimenti per assicurare la stabilità delle pareti del foro;
   - quota assoluta del piano campagna;
   - inclinazione del foro mediante misure dei cateti orizzontale e verticale del triangolo rettangolo avente per ipotenusa la direzione di perforazione;
   - profondità e quota assoluta iniziale e finale di ogni strato di terreno attraversato;
   - numero ed ubicazione dei campioni di terreno prelevati;
   - rappresentazione stratigrafica dei terreni attraversati alle varie profondità;
   - percentuali di carotaggio;
   - presenza ed ubicazione precisa dei livelli acquiferi eventualmente intercettati e relative quote di livello statico;
   - natura e caratteristiche dei terreni attraversati secondo le specifiche su indicate e con particolare riferimento a:
     - in terreni non lapidei:
       - colore/i prevalente/i della formazione;
       - composizione granulometrica approssimata nei termini correnti (blocchi, ciottoli, ghiaia, sabbia, limo, argilla), indicando tra l'altro il diametro massimo della frazione grossolana, la tessitura, la presenza di sostanze organiche o torbe, fossili, legno ecc.;
       - caratteristiche di consistenza (terreni coesivi) nei termini correnti (tenero, plastico, consistente, molto consistente) e con riferimento alle prove in sito eseguite (penetrometro tascabile e vane test);
       - caratteristiche di addensamento (terreni non coesivi) nei termini usuali (poco addensato, mediamente addensato, molto addensato) con riferimento ad eventuali prove SPT;
       - grado di arrotondamento e/o di appiattimento e natura delle ghiaie e dei ciottoli;
       - spessori e frequenze di alternanze litologiche e laminazioni ritmiche.
     - in terreni lapidei:
       - natura litologica e caratteri strutturali;
       - durezza;
       - colore;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- natura e quantità del cemento, della matrice e dello scheletro;
- natura ed ubicazione delle discontinuità presenti, loro spaziatura ed apertura nonché loro inclinazione rispetto all'asse del sondaggio;
- presenza di materiale di riempimento e natura dello stesso;
- grado di alterazione;
- recupero di carotaggio corretto (RQD), percentuale di carotaggio totale e dimensione degli spezzoni di carota;
- eventuali anormalità o difficoltà particolari riscontrate durante la perforazione nonché qualsiasi altra indicazione ritenuta utile dall'operatore o dalle Ferrovie ai fini dell'indagine.

3.7.1.2.1 Sondaggio per Indagini Ambientali

Nel caso di sondaggi geognostici a carotaggio continuo per indagini ambientali, l'esecuzione di tutte le attività dovrà essere svolta in osservanza alla normativa vigente in materia ambientale.

Tutte le fasi di perforazione e di campionamento dovranno essere eseguite da personale specializzato dotato di strumentazione e attrezzature adeguate, costruiti con materiali e modalità tali che il loro impiego non modifichino le caratteristiche delle matrici ambientali e la concentrazione delle sostanze contaminanti.

Si dovrà evitare la diffusione della contaminazione nell'ambiente circostante e nella matrice ambientale campionata (cross-contamination) durante le operazioni di perforazione, allestimento e prelievo dei campioni. A tal fine, saranno controllati i circuiti idraulici delle macchine e di tutte le attrezzature utilizzate durante le perforazioni e il campionamento per evitare le perdite di olio, lubrificanti, carburanti e altre sostanze; nel caso di perdite e/o fuoriuscite accidentali si dovrà rimuoverle prontamente ed accertarsi che queste non abbiano prodotto contaminazione del campione o del terreno.

Per la decontaminazione delle attrezzature dovrà essere predisposta un'area delimitata e opportunamente impermeabilizzata, posta a una distanza dall'area di prelievo-campionamento sufficiente a evitare la diffusione dell'inquinamento delle matrici campionate.

A fronte di quanto detto, saranno eseguiti i lavaggi di: carotiere, aste di perforazione e rivestimenti metallici, prima dell'inizio della perforazione e a ogni manovra di perforazione; la pulizia dei contenitori e dell'impianto per l'eventuale acqua di circolazione di perforazione, prima dell'inizio di ogni sondaggio.

Al termine di ogni perforazione saranno decontaminati tutti gli attrezzi e gli utensili che hanno operato sia in superficie sia in profondità. Tali operazioni saranno compiute con acqua in pressione per mezzo di una idropulitrice a vapore. Le apparecchiature e gli attrezzi dovranno essere asciugati mediante evaporazione naturale o in caso di condizioni climatiche avverse con carta assorbente esente da contaminazione.

In caso di eventi meteorici le operazioni di decontaminazione dovranno essere effettuate al riparo dalle acque di pioggia al fine di garantire assenza di alterazioni del campione. Utensili non facilmente pulibili (funi, guanti) dovranno essere sostituiti con nuovi al termine di ogni trivellazione.

Al termine delle operazioni o in attesa di essere riutilizzati gli attrezzi e le apparecchiature decontaminati dovranno essere conservati in condizioni tali da evitare la contaminazione.

I sondaggi saranno eseguiti a rotazione e a carotaggio continuo; le attrezzature utilizzate dovranno permettere la perforazione in terreno di qualsiasi natura.

Le attrezzature dovranno essere in perfette condizioni di manutenzione e operatività; sarà facoltà delle Ferrovie far sostituire il materiale di perforazione non conforme alle presenti specifiche e/o ritenuto non idoneo ai fini della tipologia d'indagine in oggetto.

I sondaggi saranno preferibilmente realizzati con una sonda meccanica a rotazione, senza l'uso di fluidi di perforazione, del diametro di 101 mm e rivestimento a seguire del diametro di 127 mm.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Le perforazioni dovranno essere eseguite a secco con estrusione delle carote tramite pistone.

In caso di necessità, previa autorizzazione delle Ferrovie, potrà essere utilizzata come fluido di perforazione l'acqua, per la quale sarà verificata, a cura e oneri dell'Esecutore, la provenienza e la qualità mediante lo svolgimento regolare di analisi chimiche.

Si dovrà avere cura di procedere a velocità tale da limitare l'attrito tra terreno e mezzo campionatore per evitare il riscaldamento del materiale prelevato, registrando la temperatura del materiale estratto.

La scelta del carotiere più idoneo sarà condizionata dalla tipologia dei litotipi presenti.

Tutte le operazioni di perforazione saranno coordinate dal geologo, responsabile tecnico, che redigerà la stratigrafia intercettata segnalando subito, qualora individuabili visivamente o per particolari caratteristiche organolettiche, la presenza di eventuali livelli contaminati.

Dovrà essere segnalata e registrata sul giornale di campo ogni venuta d'acqua nel foro, specificando la profondità e stimando l'entità del flusso.

Nel caso di perforazioni di durata superiore alla giornata, si dovrà eseguire la misura del livello piezometrico a fine giornata e si avrà cura di proteggere il foro da eventuali contaminazioni esterne. Il livello piezometrico sarà registrato anche il giorno successivo, alla ripresa delle operazioni di perforazione e al termine delle stesse, annotando il tutto sui moduli di campagna.

Le perforazioni che non saranno attrezzate a piezometro dovranno essere riempite e sigillate utilizzando malta di cemento-bentonite.

Per il carotaggio si impiegheranno carotieri semplici, scomponibili, doppi o tripli in funzione delle caratteristiche granulometriche dei materiali da attraversare (compresi riporti grossolani o solette) con diametro minimo di 101 mm in modo da garantire il recupero di una percentuale di materiale non inferiore all'90%.

Le pareti del foro saranno sostenute da tubi di rivestimento in acciaio di opportuno diametro, infissi per quanto possibile a secco in tutto il tratto insaturo; qualora non fosse possibile l'avanzamento a secco le Ferrovie potranno autorizzare l'impiego di acqua pulita come fluido di perforazione, avendo cura che la pressione del fluido sia la minore possibile.

La quota del fondo foro sarà verificata tramite scandaglio a filo graduato.

Apposite manovre di pulizia saranno eseguite qualora vi sia differenza tra quota raggiunta con la perforazione e quota misurata con scandaglio.

Particolare cura inoltre dovrà essere posta nell'evitare possibili contaminazioni delle carote estratte da parte di lubrificanti provenienti dall'attrezzatura di perforazione. Sarà pertanto assolutamente vietato l'impiego di lubrificanti di origine non naturale per i filetti, l'impiego di corone e scarpe verniciate e dovranno essere assolutamente evitate perdite derivanti dagli impianti idraulici.

La canaletta e tutti gli utensili di uso dovranno essere lavati prima del successivo utilizzo.

Le carote estratte dovranno essere conservate in cassette catalogatrici in legno e/o materiale plastico, dotate di scomparti di lunghezza pari ad un metro e coperte da un telo in nylon.

Le cassette catalogatrici dovranno essere trasportate e stoccate in luoghi riparati dal sole e dalle intemperie.

Documenti aggiuntivi da consegnare

Per ogni sondaggio di tipo ambientale, in aggiunta a quella prevista per i sondaggi non ambientali, dovrà essere consegnata la seguente documentazione:

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

1) Una relazione conclusiva e riepilogativa di tutte le attività svolte, contenente:
   - informazioni relative all'ubicazione del sito, con planimetria riportante ubicazione dei punti di indagine con coordinate planimetriche e altimetriche misurate con GPS;
   - procedure di campionamento seguite e modalità di gestione dei campioni;
   - eventuali procedure di decontaminazione adottate;
2) La Scheda stratigrafica redatta per ciascun sondaggio, dovrà essere integrata con le informazioni relative alla eventuale indicazione di livelli contaminati. In tale scheda saranno riportati i seguenti dati:
   - successione stratigrafica locale con riferimento ai passaggi tra terreno naturale e di riporto;
   - presenza di livelli particolari o ritenuti significativi ai fini della presenza e diffusione di sostanze contaminanti;
   - presenza di manufatti connessi a servizi civili ed industriali (fognature, condotte, tubi, tunnel, ecc.);
   - osservazioni in merito alla falda idrica, con l'annotazione delle letture del livello piezometrico nel foro di sondaggio rilevate ad inizio/fine di ogni giornata lavorativa;
   - anche per la falda andranno segnalate eventuali evidenze, visive od olfattive, di potenziali contaminazioni;
   - in caso di strati di riporto, dovrà essere indicata la percentuale di presenza di materiali antropici;
   - tutte le anomalie riguardanti la perforazione (come ad esempio franamenti o rifluimenti all'interno del foro, perdite di fluido di perforazione, venute d'acqua, presenza di acque di falda, prove e campionamenti non terminati, presenza di gas, variazione nella velocità di avanzamento, ecc..).

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- ASTM D4220-95 (2000). Standard Practices for Preserving and Transporting Soil Samples.
- ASTM D5079-90 (1996). Standard Practices for Preserving and Transporting Rock Core Samples.
- ASTM D6032-96. Standard Test Method for Determining Rock Quality Designation (RQD) of Rock Core.
- Bollettino del Servizio Geologico d'Italia, Vol. LXXXIX (1968). Codice italiano di nomenclatura stratigrafica

3.7.1.3 Cassette catalogatrici atte alla conservazione di almeno 5 metri di carote di terreno provenienti da sondaggi a carotaggio continuo, compresa la fotografia digitale.

Le carote estratte nel corso della perforazione dovranno essere sistemate in apposite cassette catalogatrici (in legno, metallo, plastica pressofusa o similari), munite di scomparti divisori e coperchio apribile a cerniera; le cassette dovranno essere resistenti in modo tale da non subire danni negli spostamenti in cantiere per il rilievo del loro contenuto o durante le operazioni di impilamento una sull'altra per il loro stoccaggio.

Gli scomparti dovranno avere una lunghezza interna di 1 m tale da consentire in ogni cassetta la conservazione di 5 m (cinque metri) di carotaggio. Sul fondo delle cassette sarà posto un foglio di plastica di dimensioni tali da poter essere rivoltato a protezione delle carote alloggiate

Le carote coesive verranno scortecciate mentre quelle lapidee dovranno essere lavate.

I recuperi delle singole manovre dovranno essere evidenziati da setti separatori recanti l'indicazione delle rispettive quote da riferirsi sempre alla bocca foro.

Negli scomparti saranno inseriti blocchetti di legno o simili a testimoniare gli spezzoni di carota prelevati ed asportati per il laboratorio, con l'indicazione delle quote di inizio e fine dei suddetti prelievi.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Le singole cassette verranno fotografate con macchina fotografica digitale a colori entro 24 ore dal loro completamento.

Nelle foto dovrà essere ben visibile l'etichetta dove sono apposte le indicazioni riguardanti il cantiere, il sondaggio e le quote di riferimento ed un metro per i riferimenti di scala.

Le fotografie dovranno fornire una visione chiara delle carote contenute; si consiglia quindi una foto presa dall'alto e scattata da una distanza non superiore a 2 m, evitando aberrazioni prospettiche o ombre riflesse che condizionino la resa cromatica della fotografia stessa, che dovrà essere nitida e con i riferimenti scritti ben leggibili.

Le fotografie dovranno essere consegnate su supporto cartaceo (formato minimo 10x15 cm) ed in formato digitale (Jpeg, Tiff) registrate in Cd-rom o DVD.

Sul coperchio e su almeno un lato di ciascuna cassetta dovranno essere indicati i dati di identificazione della parte di carotaggio contenuta così come specificato:

- cantiere e/o località in cui è stato eseguito il sondaggio;
- sigla e numero del foro;
- quota, riferita al piano campagna, di inizio e fine della parte di carotaggio contenuta;
- numero progressivo di ciascuna cassetta catalogatrice.

3.7.1.4 Prelievo a rotazione di campioni indisturbati o a limitato disturbo.

Il prelievo dei campioni dovrà essere eseguito di norma in terreni coesivi di elevata consistenza e talvolta anche i materiali granulari compatti con matrice limo-argillosa o con un certo grado di cementazione.

I campionatori a rotazione consistono in doppi carotieri speciali a due pareti indipendenti. La parete interna non rotante è munita di una scarpa tagliente atta a penetrare a pressione per un breve tratto e quindi sporgente rispetto alla corona della parete esterna rotante. Tale sporgenza è prefissata a priori (decrescente con l'aumentare della compattezza del terreno) nel campionatore tipo Denison o autoregolabile mediante un dispositivo a molla nel campionatore tipo Mazier modificato.

Nel campionatore tipo Denison, un lamierino sottilissimo o un tubo di PVC interno al tubo non rotante funge da contenitore del campione.

Nel campionatore tipo Mazier modificato, il tubo interno non rotante costituito da un tubo in acciaio di qualità (acciaio inossidabile, cadmiato o comunque trattato in modo opportuno) funge da contenitore del campione.

Il contenitore del campione, subito dopo il prelievo, deve essere sigillato ermeticamente con coperchio e paraffina onde mantenere invariate le caratteristiche meccaniche ed il contenuto di umidità del campione stesso.

Il numero e la profondità di prelievo di ogni singolo campione dovranno essere stabiliti, o comunque approvati, dalle Ferrovie.

I campioni, dovranno avere lunghezza non inferiore a cm 60 e diametro non inferiore a mm 83. Il prelievo del campione dovrà essere preceduto da accurata pulizia del foro di sondaggio e dalla misura diretta della profondità di campionamento da confrontarsi con la profondità raggiunta dalla perforazione al fine di verificare l'assenza di caduta di terreno a fondo foro. Per ogni campione prelevato dovranno essere riportate le relative caratteristiche sul documento stratigrafico relativo al sondaggio nel quale esso è stato prelevato.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3.7.1.5 Prelievo a pressione di campioni indisturbati con campionatore tipo Shelby.

Il prelievo dei campioni di cui alla presente voce dovrà essere eseguito impiegando campionatori a pareti sottili di tipo aperto (campionatore Shelby) e dovrà essere effettuato di norma in presenza di terreni coesivi di medio-bassa consistenza o a grana fine di scarso addensamento.

Il campionatore Shelby è composto da una testa con valvola a sfera e relativi sfiati collegata con viti a brugola al tubo di infissione che funge da contenitore del campione di terreno. Lo spessore di tale tubo può variare normalmente da 2 a 3 mm.

Il tubo di infissione, in acciaio di qualità, deve essere resistente alla corrosione ed adeguatamente levigato all'interno (acciaio inossidabile o cadmiato o comunque trattato in modo opportuno).

Alla base il tubo deve risultare tagliente con un angolo di taglio della scarpa compreso tra 4° e 15°.

Il contenitore del campione, subito dopo il prelievo, deve essere sigillato ermeticamente con coperchio e paraffina onde mantenere invariate le caratteristiche meccaniche ed il contenuto di umidità del campione stesso.

Il numero e la profondità di prelievo di ogni singolo campione dovranno essere stabiliti, o comunque approvati, dalle Ferrovie. I campioni, dovranno avere lunghezza non inferiore a cm 40 e diametro non inferiore a mm 83. Per ogni campione prelevato dovranno essere riportate le relative caratteristiche sul documento stratigrafico relativo al sondaggio nel corso del quale esso è stato prelevato.

3.7.1.6 Prelievo a pressione di campioni indisturbati con campionatore tipo Osterberg.

Il prelievo dei campioni di cui alla presente voce dovrà essere eseguito impiegando campionatori a pistone ad infissione idraulica, di norma in presenza di terreni coesivi di medio-bassa consistenza o a grana fine di scarso addensamento.

II campionatore Osterberg è costituito da un pistone mobile, solidale al tubo di prelievo, che scorre sull'asta interna che collega la testa del campionatore al pistone fisso.

La pressione sul pistone mobile viene esercitata attraverso le aste di collegamento con acqua in pressione. Uno sfiato posto sull'asta di collegamento testa campionatore/pistone fisso appena sopra al pistone fisso, permette l'azzeramento della pressione a fine corsa.

Durante il campionamento bisognerà operare in modo che l'avanzamento a pressione sia continuo (senza interruzioni) ed il più rapido possibile onde minimizzare l'entità dei disturbi, particolarmente nel caso di terreni coesivi di bassa consistenza.

Il contenitore del campione, subito dopo il prelievo, deve essere sigillato ermeticamente con coperchio e paraffina onde mantenere invariate le caratteristiche meccaniche ed il contenuto di umidità del campione stesso.

Il numero e la profondità di prelievo di ogni singolo campione dovranno essere stabiliti, o comunque approvati, dalle Ferrovie. I campioni, dovranno avere lunghezza non inferiore a cm 40 e diametro non inferiore a mm 83. Per ogni campione prelevato dovranno essere riportate le relative caratteristiche sul documento stratigrafico relativo al sondaggio nel corso del quale esso è stato prelevato.

3.7.1.7 Prelievo di un campione rimaneggiato di terreno o di uno spezzone di carota lapidea nel corso di sondaggi, compresa la conservazione in idonei contenitori.

Il prelievo di cui alla presente voce interessa il materiale prelevato durante il carotaggio continuo e non oggetto di campionamento indisturbato.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Nel caso di terreno coesivo il campione deve essere ripulito dalla parte esterna più rimaneggiata e conservato in contenitore a tenuta quali doppi sacchetti di polietilene o barattoli con tappo a vite. Il campione dovrà contenere tutti i dati per la sua identificazione.

Nel caso di terreno granulare il campione dovrà essere prelevato in quantità rappresentative dell'assortimento granulometrico; dovranno essere scartate quelle componenti chiaramente dovute alle operazioni di carotaggio. La conservazione avverrà in maniera analoga a quella prevista per i campioni coesivi.

In terreni cementati e in rocce si potranno prelevare dal carotaggio spezzoni di lunghezza > 15 cm, purché rappresentativi del tipo litologico perforato. Gli spezzoni di carota devono essere paraffinati ed inseriti in un involucro rigido in PVC di protezione. Il campione stesso dovrà poi essere imballato e protetto dai possibili danneggiamenti durante il suo trasporto al laboratorio geotecnico.

3.7.1.8 Perforazione a carotaggio continuo, ad andamento anche inclinato, eseguita con corona diamantata in corrispondenza di opere d'arte e strutture in elevazione o in fondazione.

La perforazione a carotaggio continuo con corona diamantata si esegue per la determinazione dello spessore e delle caratteristiche delle murature (in senso lato) di opere d'arte in elevazione, in fondazione e pavimentazioni.

A. Attrezzatura

L'attrezzatura deve avere le seguenti caratteristiche minime:

- carotatrice a rotazione azionata da motore elettrico, idraulico o a combustione interna;
- tubo in acciaio con corona diamantata;
- tubi di prolunga;
- sistema di ancoraggio o di contrasto.

La carotatrice deve essere montata su una slitta orientabile in qualsiasi direzione.

La potenza della carotatrice deve essere adeguata alla profondità da raggiungere ed alle caratteristiche di consistenza e durezza dei materiali da attraversare.

L'avanzamento potrà essere meccanico od automatico ed in ogni caso dovrà essere regolabile.

La carotatrice deve permettere l'utilizzo di corone diamantate di diametro diverso, secondo le disposizioni delle Ferrovie, comunque non inferiore a 25 mm .

Le corone diamantate, di norma, saranno costituite da tubi in acciaio con placchette diamantate fissate all'estremità come una merlettatura; i cristalli di diamante industriale sono microscopici ed affiorano man mano che si consuma la lega metallica.

La corona diamantata dovrà essere raffreddata ad aria oppure ad acqua.

B. Modalità esecutive

Se non diversamente richiesto dalle Ferrovie, il carotaggio dovrà essere eseguito perpendicolarmente alla superficie.

Per una corretta esecuzione del carotaggio è necessario che la carotatrice sia ancorata saldamente alla struttura da indagare. L'ancoraggio può essere eseguito mediante una struttura di contrasto oppure mediante bloccaggio della carotatrice con l'inserimento di ganci d'acciaio.

La velocità di avanzamento della progressione dovrà essere regolata, in funzione della consistenza del materiale, in maniera tale da avere un carotaggio di ottima qualità con percentuale di recupero maggiore o uguale al 95%.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Le carote via via estratte devono essere sistemate nelle cassette catalogatrici con tutte le indicazione per la corretta identificazione dell'intervallo di profondità di ciascun singolo tratto di carotaggio.

Il foro di sondaggio se non attrezzato con strumentazione di monitoraggio o di prove idrauliche o geotecniche va opportunamente intasato con malta cementizia da fondo foro verso la superficie.

Documenti da consegnare

Per ogni foro eseguito dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

a) Colonna stratigrafica con esplicite indicazioni relative a:
   - cantiere;
   - numero e ubicazione precisa del foro di sondaggio;
   - data di inizio e di ultimazione;
   - attrezzatura e sistema di perforazione;
   - utensile di perforazione;
   - fluido di raffreddamento;
   - quota assoluta della bocca foro;
   - profondità e quota assoluta iniziale e finale di ogni strato di materiale attraversato;
   - percentuali di carotaggio e RQD;
   - eventuali anormalità o difficoltà riscontrate durante la perforazione nonché qualsiasi altra indicazione ritenuta utile dall'Esecutore ai fini dell'indagine.
   - descrizione del materiale carotato:
     - Muratura:
       - Integrità carote di muratura;
       - Presenza di malta;
       - Stato di alterazione murature e malte;
       - Stato di fratturazione murature (orientamento: longitudinale rispetto agli elementi, perpendicolare agli elementi e trasversale);
       - Presenza di acqua in foro;
       - Elementi granulari di appoggio fondazione;
       - Presenza di riempimento a sacchi all'interno di opere murarie in elevazione o fondazione;
       - Presenza di elementi di sottofondazione;
       - Presenza armature;
     - Calcestruzzo:
       - Integrità carote di calcestruzzo;
       - Stato di alterazione del calcestruzzo (ettringite, carbonatazione, ecc.);
       - Stato di fratturazione (studio fratture, riempimento, orientazione , apertura, ecc.);
       - Presenza armature;
       - Valutazione costituenti cls (inerti, filler, cemento);
       - Presenza di acqua nel foro;
       - Presenza di elementi di fondazione;

3.7.2 SCAVI ESPLORATIVI DI SUPERFICIE E PRELIEVO DI CAMPIONI

3.7.2.1 Prelievo di campioni indisturbati da scavo esplorativo di superficie o da parete di fronte di scavo.

Il prelievo di campioni indisturbati di terreno, in scavi esplorativi di superficie o in pareti di fronti di scavo, dovrà essere eseguito o mediante isolamento in sito di un idoneo volume di materiale o mediante un apposito campionatore a fustella.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Tale campione dovrà essere imballato in modo tale da non subire danneggiamenti durante il trasporto e spedito al laboratorio geotecnico.

A. Attrezzatura

Nel caso di campionamento con fustella il cilindro campionatore dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- altezza: h (≥) 125÷200 mm;
- diametro interno: ∅i = 94 mm;
- spessore delle pareti: s = 3 mm;
- angolo di scarpa: $\alpha = 60°$.

Nel caso di campionamento mediante isolamento di un blocco di terreno dovrà essere disponibile la seguente attrezzatura:

- attrezzi da scavo (piccone, pala, zappetta);
- attrezzi da taglio (spatole taglienti, filo in acciaio armonico);
- scatola cubica in legno (lato pari a (≥) 30 cm) con maniglie da trasporto; due facce contrapposte devono essere svitabili e riavvitabili in sito con semplice cacciavite.

B. Modalità esecutive

Il prelievo dovrà essere eseguito in ogni caso su fronti di scavo freschi, dopo avere rimosso lo strato superficiale essiccato, alterato o allentato, previa pulitura senza rimaneggiamento della superficie di prelievo del campione e con l'accortezza di eseguire lo scavo degli ultimi 10 cm a mano.

Al prelievo deve assistere il Geologo responsabile del cantiere e un rappresentante delle Ferrovie.

Il cilindro campionatore dovrà essere infisso a pressione costante nel terreno senza movimenti di rotazione e/o oscillazione. Al termine dell'infissione il terreno all'intorno del campionatore dovrà essere asportato e la fustella dovrà essere staccata delicatamente dal fondo per mezzo di un adeguato utensile (spatola tagliente, filo di acciaio armonico), onde evitare rimaneggiamenti o addensamenti artificiali.

In presenza di terreni coesivi consistenti o in terreni contenenti ciottoli o ghiaia l'infissione della fustella potrà essere favorita con il contemporaneo scavo laterale del terreno all'intorno del campionatore.

Le estremità del campionatore dovranno essere sigillate mediante uno strato di paraffina fusa e con tappi ermeticamente chiusi con nastro adesivo impermeabile.

Per eseguire il prelievo di un campione in blocco si dovrà approfondire lo scavo fino a circa 70 cm al di sotto della quota o profondità di prelievo e successivamente si dovrà operare secondo la seguente procedura:

- isolare un blocco di dimensioni superiori a quelle prefissate di prelievo (25÷30 cm di lato);
- agendo per strati successivi, dal perimetro verso l'interno, ricavare il blocco delle dimensioni richieste rifinendo con arnesi affilati il blocco stesso;
- paraffinare la superficie del blocco isolato;
- infilare la scatola di legno priva di coperchio e di fondo;
- riempire con paraffina fusa l'intercapedine scatola-campione ed avvitare il coperchio della scatola;
- tagliare alla base il blocco con il filo d'acciaio armonico;
- regolarizzare il campione, paraffinare il lato inferiore del blocco e chiudere la faccia inferiore della scatola.

Il numero dei campioni indisturbati e la profondità di ogni singolo prelievo dovranno essere stabiliti o comunque approvati dalle Ferrovie.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Documenti da consegnare

A corredo delle operazioni di prelievo dovrà essere compilata una scheda, allegata al campione, che riporterà le seguenti indicazioni:

a) data di prelievo;
b) cantiere;
c) numero ed ubicazione del pozzetto esplorativo o del fronte di scavo;
d) numero del campione;
e) quota o profondità di prelievo;
f) parte alta del campione;
g) fotografia a colori del campione e della fustella in posizione di prelievo
h) documentazione della formazione da cui viene prelevato il campione. La descrizione dovrà contenere almeno gli elementi di seguito citati:
   - terre: litologia, granulometria e classificazione, addensamento o consistenza, colore, stato idrico, alterazione, contenuto organico, prove con pocket penetrometer e/o Vane Test, stratificazione;
   - roccia: litologia, classificazione, stato fatturazione, stato alterazione, colore, porosità, densità, stato idrico.

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- CNR-BU n. 25 (1972). Campionatura di terre e terreni.
- Bollettino del Servizio Geologico d'Italia, Vol. LXXXIX (1968). Codice italiano di nomenclatura stratigrafica

3.7.2.2 Prelievo di campioni di aggregati depositati in cumulo all'interno di carri ferroviari o di autocarri, presso impianti di frantumazione (produzione) o in opera come massicciata ferroviaria.

Lo scopo del prelievo è di ottenere un campione rappresentativo delle caratteristiche di un aggregato in opera (ad esempio massicciata ferroviaria) o stoccato in deposito.

A. Attrezzatura

Possono essere utilizzate le seguenti attrezzature:

- paletta per campionamento con sezione trasversale rettangolare;
- paletta per campionamento con sezione trasversale circolare;
- pala;
- telaio di campionamento dotato di fiancate parallele cha si adattano al nastro trasportatore e di lunghezza pari all'ampiezza del nastro stesso;
- scatola di campionamento di capacità pari a due volte il volume di materiale da prelevare e di larghezza minima pari a tre volte la dimensione massima dell'aggregato;
- tubo di campionamento di lunghezza variabile tra 1 e 2 metri e di diametro minimo pari a tre volte la dimensione massima dell'aggregato.

Possono essere utilizzate altre attrezzature che siano conformi alla normativa citata nei riferimenti e che sia preventivamente autorizzata dalle Ferrovie.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

B. Modalità esecutive

In generale le variazioni di campionamento dovute alla eterogeneità del materiale possono essere ridotte ad un livello accettabile eseguendo un numero adeguato di prelievi.

I prelievi devono essere scelti a caso nell'ambito di un quantitativo di materiale di cui il campione globale deve essere rappresentativo. Il numero dei punti di prelievo e la loro distribuzione per ottenere il campione globale rappresentativo dovranno essere preventivamente approvate dalle Ferrovie.

La quantità del campione globale deve essere calcolata in funzione del tipo e del numero delle prove da eseguire, delle dimensioni degli aggregati e della loro massa volumica.

Nel caso di campionamento di materiale in cumulo, devono essere prelevati campioni di dimensioni approssimativamente uguali da punti differenti a differenti altezze o profondità distribuite su tutto il volume.

Nel caso di campionamento da carri ferroviari o autocarri, si può seguire il criterio precedentemente descritto se il materiale fluisce liberamente dai cassoni/vagoni. Se, invece, il materiale rimane stoccato nel vagone o nel cassone è preferibile utilizzare attrezzature come il tubo di campionamento inserendolo verticalmente per tutta la profondità dell'aggregato.

Documenti da consegnare

A corredo delle operazioni di campionamento dovrà essere compilata una scheda, allegata al campione, che riporterà le seguenti indicazioni:

- data e luogo di prelievo;
- cantiere o area di prelievo;
- planimetria con l'indicazione del numero e dell'ubicazione dei punti di prelievo;
- numero o sigla identificativa del campione;
- fotografia a colori del campione e dei punti di prelievo.

Riferimenti normativi:

- UNI EN 932-1 (1998). Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati. Metodi di campionamento.
- UNI EN 13450 (2013). Aggregati per massicciate per ferrovie.

3.7.2.3 Prelievo di un campione di terreno per indagini ambientali, compresa la conservazione in idonei contenitori.

Il prelievo di campioni di terreno interessa il materiale prelevato durante l'esecuzione di carotaggi di tipo ambientale.

Nel caso sia previsto il prelievo di campioni destinati anche all'analisi di sostanze volatili, si procederà innanzitutto al prelievo puntuale immediatamente dopo l'estrazione della carota e in particolare:

- nel caso di impiego di carotieri apribili longitudinalmente subito dopo l'apertura del campionatore;
- nel caso di campione ottenuto con fustella in PVC subito dopo che la fustella sarà estratta e sezionata longitudinalmente.

A. Attrezzature e Modalità esecutive

Il campione sarà inserito in appositi contenitori tipo vials.

Per i campioni da sottoporre ad analisi chimiche di sostanze non volatili, si procederà omogeneizzando il materiale di carota estratto, previa posa su telo in nylon e privando il materiale della frazione superiore a 2 cm con l'impiego di setaccio.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Dal passante verrà prelevato un campione di circa 1 chilo che sarà riposto in appositi contenitori in vetro sterilizzati e a tenuta.

Il campione dovrà contenere tutti i dati per la sua identificazione.

I contenitori in vetro dovranno essere etichettati riportando i seguenti dati:

- committente;
- luogo, data, numero del sondaggio;
- profondità di campionamento.

Ogni campione prelevato, sia per analisi di sostanze volatili che non volatili, sarà suddiviso in due aliquote, una per l'analisi da condurre ad opera del laboratorio incaricato, ed una per archivio a disposizione per eventuali analisi di verifica e controllo.

Dopo il campionamento, il restante materiale dovrà essere conservato nelle apposite cassette catalogatrici, salvo altre indicazioni.

Il telo di nylon dovrà esser sostituito con uno nuovo ad ogni campionamento.

Gli attrezzi utilizzati per il campionamento dovranno essere opportunamente lavati con idropulitrice ed asciugati prima del campionamento successivo.

Lo schema di prelievo dei campioni di terreno da adottare, salvo diverse indicazioni delle Ferrovie, è il seguente:

- 1 campione medio, campionato ogni metro di perforazione nella fascia di profondità tra 0,00 m e 5,00 m da piano campagna.
- salvo diversa indicazione delle Ferrovie, saranno esaminati in prima istanza soltanto i campioni dei primi tre metri di profondità dal p.c.;
- i campioni più profondi saranno analizzati solo dopo l'accertamento dell'eventuale superamento del limite di soglia degli analiti esaminati di cui alla tabella B dell'allegato 5 alla parte IV del D.lgs 152 e smi.
- qualora nel corso della perforazione si dovessero rinvenire materiali assimilabili a rifiuti si procederà al campionamento del tal quale secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

3.7.3 PRELIEVO DI CAMPIONI IN AMBIENTE COSTIERO E FLUVIALE

3.7.3.1 Prelievo di campioni di terreno sciolto in corrispondenza di una spiaggia, di una spiaggia sommersa, del fondo di un alveo fluviale o della sponda di un corso d'acqua .

Il campionamento di terreno sciolto deve consentire, attraverso l'analisi granulometrica, di conoscere le caratteristiche dimensionali dei materiali prelevati in corrispondenza di una spiaggia, di una spiaggia sommersa, del fondo di un alveo fluviale o della sponda di un corso d'acqua.

Le modalità di campionamento per il rilievo della granulometria devono essere diversificate in relazione alle dimensioni ed all'assortimento dei sedimenti secondo i seguenti metodi:

a) prelievo con benna a tenuta;
b) prelievo manuale;
c) prelievo con il metodo della griglia campionamento.

A. Attrezzature e modalità esecutive

A.a Prelievo con benna a tenuta

Questo sistema di prelievo è consigliato in presenza di depositi sommersi a granulometria sabbioso-limosa.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Si esegue con campionatore a benna tipo Van Veen o similare installato in genere sopra un'imbarcazione e in alternativa su un ponte o in casi particolari da guado.

Il campionatore può essere manovrato manualmente o mediante argano e le operazioni di campionamento devono essere ripetute fino al raggiungimento del quantitativo minimo di 2 kg di materiale scolato, curando l'esecuzione delle manovre di recupero del dispositivo per evitare il dilavamento del campione.

A.b Prelievo manuale

Questo metodo di prelievo si adotta in presenza di depositi emersi a granulometria eterogenea sabbioso-limoso-ghiaiosa.

Si dovrà prelevare un quantitativo minimo di 2 kg di materiale utilizzando attrezzi quali una paletta, un badile ecc. curando la corretta rappresentatività del campione.

A.c Prelievo con il metodo della griglia di campionamento

Questo sistema si adotta in presenza di depositi emersi a granulometria grossolana (ciottoli) con una pezzatura media pari o superiore a 10 cm circa.

In tale caso è opportuno procedere alla valutazione diretta della distribuzione dei diametri applicando il metodo della griglia di campionamento. Il metodo prevede la stesa, su un'area granulometricamente omogenea, di un reticolo a maglia quadrata di lato 0,5 m, per un'estensione minima di 5x5 m. In corrispondenza dei vertici del reticolo si procede al prelievo dei ciottoli e alla misura dei tre diametri caratteristici (assimilando ogni elemento a un ellissoide) mediante compasso comparatore.

I campioni di terreno sciolto dovranno essere prelevati, di norma e salvo diversa disposizione delle Ferrovie, lungo l'allineamento di un profilo batimetrico-celerimetrico rilevato. Tutti i campioni dovranno essere posti in contenitori stagni etichettati con il numero distintivo, il riferimento al profilo batimetrico, la posizione in ascissa rispetto al picchetto di riferimento a terra sul profilo rilevato, la profondità di prelievo.

Il campione prelevato dovrà essere imballato in modo da non subire danneggiamenti per il trasporto ad un laboratorio geotecnico.

Documenti da consegnare.

Al termine delle operazioni dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

a) Relazione generale sulle operazioni di prelievo;
b) Planimetria in scala da concordare con le Ferrovie con l'indicazione dell'ubicazione dei profili/sezioni rilevate , recante l'indicazione dei punti di prelievo con i rispettivi numeri distintivi;
c) Elenco dei campioni prelevati con l'indicazione dei relativi dati identificativi, dell'ubicazione e della data del prelievo, del volume scolato, della classificazione granulometrica approssimativa;
d) Ubicazione della griglia di campionamento, in scala da concordare con le Ferrovie, con l'indicazione dei risultati delle misure eseguite.

3.7.4 OPERE DI COMPLETAMENTO E SISTEMAZIONE

3.7.4.1 Installazione all'interno di fori di sondaggio già eseguiti, di tubi in materia plastica per esecuzione di prospezioni geofisiche in foro.

A. Attrezzatura

Per l'esecuzione di prospezioni geofisiche in foro di sondaggio, occorre inserire in questi ultimi tubi in materiale plastico tipo P.V.C., giuntati con manicotto e mastice, aventi diametro interno non inferiore a 80 (ottanta) millimetri e spessore non inferiore a 3 (tre) millimetri.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

B. Modalità esecutiva

La posa in opera del tubo in p.v.c. pesante dentro il foro di sondaggio per l'effettuazione delle prove geofisiche dovrà effettuarsi con le seguenti modalità operative:

a) lavaggio accurato del foro con acqua pulita e controllo della profondità;
b) calaggio della tubazione nel foro; i tubi saranno giuntati con manicotti incollati ma non rivettati (eventualmente fissati con viti autofilettanti non passanti), in modo da garantire la perfetta linearità interna e l'assenza di scalini nella tubazione;
c) cementazione dell'intercapedine foro-tubo con miscela acqua-bentonite-cemento (dosaggio a/c/b rispettivamente 100/50/10) in modo da garantire la continuità del contatto terreno-tubazione su tutta la verticale per garantire registrazioni sismiche di qualità.

La cementazione deve essere eseguita a partire dal fondo foro con un tubo ausiliario riempiendo dal basso verso l'alto in maniera uniforme l'intercapedine tra foro e rivestimento, allontanando il fango e i detriti eventualmente presenti

La pressione di iniezione non deve essere superiore a 2 atm. Qualora la situazione incontrata presentasse forti venute di acqua, fatturazione, scavernamenti, ecc., la composizione della miscela e la pressione d'iniezione potranno essere opportunamente variate previa la preventiva autorizzazione delle Ferrovie.

Una volta terminate le operazioni di rivestimento e cementazione l'interno dei tubi deve essere lavato con acqua pulita e lasciato pieno d'acqua.

3.7.4.2 Sistemazione al piano campagna della bocca di perforazioni e di sondaggi.

La sistemazione della bocca di perforazioni o di sondaggi dovrà essere eseguita in modo da evitare manomissioni esterne e da consentire di effettuare periodicamente le ispezioni o le letture delle apparecchiature e delle strumentazioni installate in opera.

L'operazione complessivamente consiste in :

- scavo di 20 cm di profondità e 20 cm attorno al foro di sondaggio per l'esecuzione di prospezioni geofisiche in foro da effettuarsi prima dell'estrazione dell'ultimo spezzone di tubo di rivestimento del foro qualora non sia stato posizionato un tubo di rivestimento definitivo e di attrezzaggio del foro stesso.
- inserimento e cementazione nel pozzetto di uno spezzone di tubo d'acciaio zincato (flangia) con sovrastante cappelletto apribile con lucchetto del diametro interno inferiore o superiore a 120 mm in funzione della tipologia di attrezzaggio applicato.
- nel caso di sondaggio posizionato in aree pavimentate o carrabili occorrerà eseguire un pozzetto attorno al foro di sondaggio di sezione almeno 30 X 30 e profondità maggiore di 30 cm con cordolo in muratura o in cls e posizionamento di flangia con lucchetto e superiormente di chiusino presente serrabile.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3.8 PROVE GEOTECNICHE IN SITO

3.8.1 APPARECCHIATURA IN OPERA

3.8.1.1 Fornitura e installazione di piezometro a tubo aperto di diametro non inferiore a mm 40.

Il piezometro a tubo aperto è costituito da tubi PVC inseriti di norma entro fori di sondaggio in presenza di una falda acquifera in terreni a permeabilità medio alta ($K > 10^{-6}$ m/sec) per la misura di livello della falda stessa.

A. Attrezzatura

Lo strumento è costituito da:

- Tubi filtranti in PVC, di spessore pari a 1÷2 mm, con finestrature trasversali con apertura di 0,4÷1,0 mm, diametro interno compreso tra 40 e 80 mm, con giunzione a manicotto esterno. I tubi dovranno essere forniti in spezzoni di lunghezza non superiore a 3 metri.
- Tubi ciechi in PVC, di spessore pari a 1÷2 mm, con diametro interno compreso tra 40 e 80 mm e con le estremità filettate e giuntate con manicotti esterni; questi tubi dovranno avere le medesime dimensioni dei tubi finestrati.

Se destinato al prelievo di campioni di fluido per analisi chimico - fisiche, si installeranno tubi del diametro interno ∅int ≥ 100 mm, in PVC con rivestimento in granulare siliceo; l'uso di tubi in PVC non rivestito deve in questo caso essere concordato con le Ferrovie e chiaramente segnalato nella documentazione della avvenuta installazione.

B. Installazione

B1. Controlli ed operazioni preliminari

Prima della posa in opera:

- verificare che i tubi non presentino lesioni, schiacciamenti o curvature dovute al trasporto o all'immagazzinamento, o eventuali altri difetti di fabbricazione;
- verificare che i filetti alle estremità dei tubi ed i manicotti non presentino anomalie tali da compromettere il buon accoppiamento dei tubi;
- montaggio dei manicotti di giunzione ad una estremità dei tubi con sigillatura mediante sigillanti idraulici;
- preparazione del materiale necessario alla formazione degli strati filtranti e di sigillatura (o impermeabilizzazione);
- per lo strato filtrante devono essere utilizzati sabbia e ghiaietto puliti con granulometria 1÷4 mm;
- per la sigillatura (o impermeabilizzazione) devono essere utilizzate palline di bentonite precompresse con diametro 1÷2 cm e ghiaietto da 2÷3 cm.

B2. Modalità esecutiva

La posa in opera dei piezometri deve essere eseguita secondo le seguenti modalità:

- verificare con lo scandaglio la quota del fondo foro che dovrà essere almeno 50 cm maggiore della profondità di posa della cella;
- lavare accuratamente il foro con acqua pulita immessa dal fondo fino a che non esca acqua limpida;
- verificare nuovamente la quota del fondo foro con lo scandaglio;
- sollevare il rivestimento di circa 70 cm;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- se il piezometro non è previsto a fondo foro ma ad una quota intermedia, prima dell'immissione della sabbia di fondo foro si dovrà riempire il tratto di sondaggio non utile con una miscela di acqua cemento e bentonite (dosaggio a/c/b rispettivamente 100/50/10 in peso), sigillandola infine con un tappo di bentonite;
- immettere della sabbia grossa o del ghiaietto fine (Ø = 1÷4 mm) per un'altezza di circa 50 cm dal fondo, controllando con lo scandaglio la quota raggiunta;
- inserimento del tubo piezometrico nel foro di sondaggio, aggiungendo progressivamente gli spezzoni di tubo secondo la sequenza tratti finestrati/tratti ciechi prevista dalle Ferrovie e sigillando le giunzioni con sigillanti idraulici. La giunzione dei tubi deve essere realizzata senza forzare eccessivamente l'avvitamento dei manicotti filettati al fine di evitare la deformazione delle estremità dei tubi e la conseguente difficoltà di passaggio della sonda di misura; Il tratto finestrato dovrà essere protetto con geosintetico (tessuto non tessuto di luce non superiore a 0,5 mm) e l'estremità inferiore del tubo sarà chiusa con apposito tappo di fondo;
- posa di sabbia grossa (Ø = 1÷4 mm) pulita o materiale granulare pulito (ghiaietto fine - Ø = 2÷4 mm) attorno al tubo fino a risalire di 1 m dall'estremità superiore del tratto finestrato, ritirando man mano la colonna di rivestimento, senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che il piezometro non risalga assieme al rivestimento;
- formazione di un tappo impermeabile superiore, costituito da palline di bentonite preconfezionate (Ø = 1÷2 cm) in strati di 20 cm alternate a straterelli di ghiaietto di 2÷3 cm, per lo spessore complessivo di 1 m, ritirando man mano i rivestimenti (senza l'ausilio della rotazione) e costipando i livelli di ghiaietto;
- riempimento del tratto del foro compreso tra l'estremità superiore del tappo impermeabile e il piano campagna con malta di cemento e bentonite (dosaggio a/c/b rispettivamente 100/50/10 in peso) o altro materiale idoneo;
- sistemazione e protezione del piezometro con la creazione di un pozzetto in lamiera verniciata, ben cementato nel terreno, munito di coperchio con lucchetto e chiavi che verranno consegnate alle Ferrovie; nel caso di installazione in luoghi aperti al traffico veicolare o pedonale (strade, piazzali, marciapiedi), e solo su specifica richiesta delle Ferrovie, in luogo del chiusino standard dovrà essere installato idoneo chiusino carrabile, posto in opera a filo della pavimentazione esistente;
- verifica dell'assenza di ostruzioni o di impedimenti ed eventuale spurgo del tubo piezometrico.

Nei casi di installazione di piezometri nell'ambito di indagini di tipo ambientale e in tutti i casi in cui sia previsto il prelievo di campioni d'acqua da sottoporre ad analisi chimiche, particolare cura dovrà essere posta nell'utilizzo dei materiali necessari alla formazione degli strati filtranti e di sigillatura e dell'acqua delle operazioni di lavaggio al fine di evitare qualsiasi contaminazione dell'acqua di falda.

Nei giorni successivi all'installazione, di norma, devono eseguirsi alcune letture (minimo n. 3) per controllare la stabilizzazione del livello piezometrico, la prima delle quali deve essere rilevata almeno un paio di ore dopo l'installazione del piezometro e le altre, successivamente, almeno una volta al giorno per tutta la durata del cantiere.

C. Misure

Per la misura manuale del livello di falda nei piezometri a tubo aperto deve essere impiegato un idoneo indicatore di livello ("freatimetro").

Tale indicatore deve essere composto da un puntale rilevatore e da un cavo metrato/centimetrato avvolto su rullo. Deve essere dotato di un avvisatore acustico/luminoso che segnali il contatto del puntale con la superficie del pelo libero dell'acqua e di un cavo metrato/centimetrato per determinare la profondità del pelo libero rispetto alla sommità del tubo di misura.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Le letture manuali con indicatore di livello devono essere eseguite secondo il seguente schema:

- infilare il sensore dell'indicatore nel tubo di misura del piezometro ed accendere la sonda;
- calare lentamente il sensore nel tubo facendo ruotare il rullo avvolgicavo ed evitando che scenda per peso proprio;
- quando l'indicatore segnala l'avvenuto contatto con l'acqua, estrarre leggermente la sonda fino alla cessazione del segnale acustico e/o luminoso;
- calare di nuovo lentamente il sensore fino al contatto e leggere la quota sul cavo;
- ripetere le operazioni almeno 3 volte, e comunque fino a che la quota possa essere definita con una precisione pari a ± 5 mm;
- annotare la quota così rilevata sul modulo di lettura.

Lo strumento di misura da cui dipende la precisione della lettura (sonda a scandaglio) deve essere tarato con le modalità esecutive di seguito riportate.

La taratura ordinaria deve essere operata mensilmente sul cavo metrato per mezzo di una bindella metrica di riferimento.

Lo strumento di lettura deve essere assoggettato solo a semplici controlli prima e dopo l'esecuzione di ogni lettura giornaliera. I due controlli a priori e a posteriori devono avvenire comunque nel corso dello stesso giorno solare. Essi devono consistere nell'immersione dello strumento in acqua con verifica dell'affondamento del sensore al momento della chiusura del contatto. La sonda deve essere inserita nell'apposito tubo di misura, munito di una tacca di riferimento distante esattamente un metro dal pelo libero dell'acqua.

Tra il punto di contatto e la tacca del primo metro deve essere verificata una distanza di 1 m ± 2 mm. Nel caso in cui ciò non avvenga, si deve provvedere alla sostituzione della sonda e della sua eventuale nuova taratura. I controlli devono inoltre comprendere una attenta ispezione visiva dell'integrità della sonda nonché la verifica della carica delle batterie e dell'efficienza del sistema di avviso acustico e/o luminoso.

Qualora si riscontrino piegature, incisioni della guaina, abrasioni e/o traslazioni di tacche di riferimento, la sonda deve essere sostituita.

Non sono ammesse giunzioni di qualsiasi tipo sul cavo.

Documenti da consegnare.

Al completamento delle operazioni dovranno essere riportate nel documento stratigrafico del relativo sondaggio o della perforazione eseguita, per ogni piezometro installato, tutte le informazioni sulle relative misure e sul livello piezometrico rilevato, comprendenti:

- informazioni generali (profondità, quota bocca foro m slm ecc..);
- schema, tipo e posizione del piezometro installato;
- quote del tratto cieco e di quello finestrato;
- quota assoluta del bordo superiore del pozzetto di protezione;
- tabella con valori delle letture eseguite e relative date fino alla consegna.

3.8.1.2 Installazione di piezometro con cella tipo Casagrande a doppio tubo.

La cella piezometrica è uno strumento, posto in opera in fori di sondaggio, per misurare la pressione neutra dell'acqua con tempi di risposta relativamente brevi, anche in corrispondenza di falde minori sospese, isolando il tratto di misura, e in terreni con permeabilità bassa. Nei normali fori di sondaggio è possibile installare una o più celle piezometriche. Per una corretta installazione, in presenza di fori instabili, è comunque necessario che il foro di sondaggio medesimo sia sostenuto con tubi di rivestimento.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

A. Strumentazione

La verticale strumentale completa deve essere costituita dai seguenti elementi:

- cella piezometrica;
- tubi di misura e di spurgo.

A1. Cella piezometrica

La cella piezometrica deve essere composta da un filtro e da un telaio. Il filtro, avente un diametro esterno di circa 50 mm e lunghezza non inferiore a 200 mm, deve essere costituito da agglomerato di silice - o materiale equivalente - con porosità compresa tra 0,2 e 0,6 mm; il telaio deve avere ad una estremità due raccordi da 1/2".

Per consentire di attrezzare eventualmente il piezometro con un trasduttore elettrico di pressione, uno dei due raccordi deve avere un diametro da 1 ½".

Tutti i materiali che costituiscono la cella piezometrica devono essere protetti da agenti corrosivi.

A2. Tubi di misura e di spurgo

Ogni cella piezometrica deve essere munita di un tubo di misura e di un tubo di spurgo in PVC, con giunti a tenuta stagna, aventi le seguenti caratteristiche:

- diametro nominale 1/2";
- spessore ≥ 3 mm;
- lunghezza standard degli spezzoni pari a 3÷6 m.

B. Installazione

B1. Controlli ed operazioni preliminari

Prima della posa in opera:

a) verifica dell'integrità del filtro e del suo corretto montaggio sul corpo della cella;
b) verifica che i tubi non presentino lesioni, schiacciamenti o curvature dovute al trasporto o immagazzinamento;
c) verifica che i filetti alle estremità dei tubi ed i manicotti non presentino anomalie tali da compromettere il buon accoppiamento dei tubi.
d) saturazione della cella porosa in acqua disareata;
e) collegamento del primo spezzone dei tubi alla cella piezometrica con sigillatura dei filetti mediante sigillanti idraulici;
f) montaggio dei manicotti di giunzione ad una estremità dei tubi con sigillatura mediante sigillanti idraulici;
g) preparazione del materiale necessario alla formazione degli strati filtrante e di sigillatura;
h) per lo strato filtrante si consiglia di utilizzare sabbia e ghiaietto puliti con granulometria 1÷4 mm;
i) per la sigillatura si può utilizzare una miscela di palline di bentonite precompresse con diametro 1÷2 cm e ghiaietto di 2÷3 cm;

B2. Modalità esecutive

La posa in opera dei piezometri deve essere eseguita secondo le seguenti modalità:

a) controllo della quota di fondo del foro con idoneo scandaglio;

b) lavaggio della perforazione con acqua pulita e immessa dal fondo;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

c) se richiesto, riempimento del foro con malta di acqua-cemento-bentonite (dosaggio a/c/b rispettivamente 100/50/10), fino alla quota di 1,5 m al di sotto di quella prevista per l'installazione della cella piezometrica, con ritiro progressivo del rivestimento;

d) posa di un tappo impermeabile costituito da palline di bentonite (Ø=1÷2 cm) precedentemente confezionate, costipate con pestello, per lo spessore di 1 m, con ritiro ulteriore del rivestimento;

e) abbondante lavaggio del foro con acqua pulita immessa dal fondo;

f) controllo della profondità del foro;

g) posa di uno strato (spessore pari a 0,5 m) di materiale granulare pulito uniforme e saturo (Ø =1÷4 mm), ritirando il rivestimento; tale operazione deve avvenire con il foro pieno d'acqua;

h) controllo della profondità del foro;

i) discesa a quota della cella piezometrica preventivamente saturata (mantenuta fino a quel momento in acqua pulita) collegando i tubi di andata e ritorno, assicurandosi della perfetta tenuta dei giunti mediante sigillanti idraulici;

j) posa di sabbia pulita attorno e sopra il piezometro (0,5 m) con ritiro della colonna di rivestimento senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che il piezometro non risalga assieme ai rivestimenti e che in colonna sia sempre presente sabbia;

k) completamento dell'installazione dei tubi e verifica di assenza di ostruzioni o comunque impedimenti al passaggio della sonda, inserendo la sonda stessa;

l) formazione di un tappo impermeabile, per uno spessore totale di almeno 1 m, costituito da strati di circa 15 cm di palline di bentonite (Ø=1÷2 cm) e strati di ghiaietto (Ø=2÷3 cm), entrambi compattati con pestello,

m) innalzamento progressivo del rivestimento del foro sempre senza l'ausilio della rotazione mentre si compiono le operazioni di sigillatura;

n) se non è prevista l'installazione di una seconda cella piezometrica, riempimento del tratto del foro compreso tra l'estremità superiore del tappo impermeabile e il piano campagna con miscela di cemento e bentonite (dosaggio a/c/b rispettivamente 100/50/10) o altro materiale idoneo;

o) verifica finale dell'assenza di ostruzioni o comunque di impedimenti al passaggio della sonda, mediante l'inserimento dell'indicatore di livello;

p) spurgo della cella con acqua pulita immessa alternativamente nei due tubi per almeno 20 minuti.

q) inserimento delle estremità dei tubi in un pozzetto metallico con chiusura a lucchetto e chiave. Il pozzetto dovrà essere cementato nel terreno. Le chiavi, identificate da un cartellino completo delle indicazioni del caso, saranno consegnate alle Ferrovie; nel caso di installazione in luoghi aperti al traffico veicolare o pedonale (strade, piazzali, marciapiedi), e solo su specifica richiesta delle Ferrovie in luogo del chiusino standard dovrà essere installato idoneo chiusino carrabile, posto in opera a filo della pavimentazione esistente.

Qualora si preveda di installare all'interno della stessa perforazione due celle Casagrande a differenti profondità, deve essere eseguito un adeguato tappo impermeabile che consenta il completo isolamento fra le due celle piezometriche. Tale isolamento può essere realizzato con strati alternati di palline di bentonite e ghiaietto dello spessore di circa 10 cm per una lunghezza totale di almeno 3 m.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Nei giorni successivi all'installazione, di norma, devono eseguirsi alcune letture (minimo n. 3) per controllare la stabilizzazione del livello piezometrico, la prima delle quali deve essere rilevata almeno un paio di ore dopo l'installazione del piezometro e le altre, successivamente, almeno una volta al giorno per tutta la durata del cantiere.

C. Misure

Per la misura manuale del livello di falda nei piezometri Casagrande deve essere impiegato un idoneo indicatore di livello ("freatimetro").

Tale indicatore deve essere composto da un puntale rilevatore e da un cavo metrato/centimetrato avvolto su rullo. Deve essere dotato di un avvisatore acustico/luminoso che segnali il contatto del puntale con la superficie del pelo libero dell'acqua e di un cavo metrato/centimetrato per determinare la profondità del pelo libero rispetto alla sommità del tubo di misura.

Le letture manuali con indicatore di livello devono essere eseguite secondo il seguente schema:

- infilare il sensore dell'indicatore nel tubo di misura del piezometro ed accendere la sonda;
- calare lentamente il sensore nel tubo facendo ruotare il rullo avvolgicavo ed evitando che scenda per peso proprio;
- quando l'indicatore segnala l'avvenuto contatto con l'acqua, estrarre leggermente la sonda fino alla cessazione del segnale acustico e/o luminoso;
- calare di nuovo lentamente il sensore fino al contatto e leggere la quota sul cavo;
- ripetere le operazioni almeno 3 volte, e comunque fino a che la quota possa essere definita con una precisione pari a ± 5 mm;
- annotare la quota così rilevata sul modulo di lettura.

La strumentazione installata deve essere oggetto di controlli periodici consistenti nella verifica che il piezometro non sia intasato confrontando le quote piezometriche nei due tubi (di misura e di spurgo). Se le letture differiscono per più di 5 cm, il filtro deve essere ritenuto intasato e si deve quindi procedere all'operazione di spurgo da eseguirsi, indicativamente, secondo le seguenti modalità:

a) immissione di un getto di acqua dolce pulita a pressione non superiore a 0,5 bar in uno dei due tubi, attendendo che l'acqua fuoriesca dall'altro tubo per almeno 10 minuti;
b) ripetizione dell'operazione a) immettendo acqua nell'altro tubo.

Lo strumento di misura da cui dipende la precisione della lettura (sonda a scandaglio) deve essere tarato con le modalità esecutive di seguito riportate.

La taratura ordinaria deve essere operata mensilmente sul cavo metrato per mezzo di una bindella metrica di riferimento.

Lo strumento di lettura deve essere assoggettato solo a semplici controlli prima e dopo l'esecuzione di ogni lettura giornaliera. I due controlli a priori e a posteriori devono avvenire comunque nel corso dello stesso giorno solare.

Essi devono consistere nell'immersione dello strumento in acqua con verifica dell'affondamento del sensore al momento della chiusura del contatto. La sonda deve essere inserita nell'apposito tubo di misura, munito di una tacca di riferimento distante esattamente un metro dal pelo libero dell'acqua.

Tra il punto di contatto e la tacca del primo metro deve essere verificata una distanza di 1 m ± 2 mm. Nel caso in cui ciò non avvenga, si deve provvedere alla sostituzione della sonda e alla sua eventuale nuova taratura.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

I controlli devono inoltre comprendere una attenta ispezione visiva dell'integrità della sonda nonché la verifica della carica delle batterie e dell'efficienza del sistema di avviso acustico e/o luminoso.

Qualora si riscontrino piegature, incisioni della guaina, abrasioni e/o traslazioni di tacche di riferimento, la sonda deve essere sostituita.

Non sono ammesse giunzioni di qualsiasi tipo sul cavo.

Documenti da consegnare.

Al completamento delle operazioni dovranno essere riportate, sul documento stratigrafico del relativo sondaggio o della perforazione eseguita, per ogni piezometro installato, tutte le informazioni sul tipo di cella, sulla installazione del piezometro e sul livello piezometrico rilevato.

Per ciascuna cella installata dovranno essere fornite:

- informazioni generali (profondità, quota bocca foro s.l.m. ecc...) marca, modello , eventuale numero di matricola;
- schema geometrico di installazione;
- quota assoluta dei terminali piezometrici;
- posizioni e dimensioni dei tamponi;
- tabelle e grafici con letture piezometriche eseguite.

Riferimenti normativi:

- AGI (1977) "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche"

3.8.1.3 Installazione di piezometro elettrico.

Tale strumento viene utilizzato in terreni con permeabilità da media a bassa ($K < 10^{-6}$ m/sec) per la misura delle pressioni neutre nel terreno quando sia necessaria una risposta rapida alle variazioni del carico idraulico.

A. Strumentazione

Il piezometro elettrico è costituito dai seguenti elementi:

a) un corpo cilindrico in acciaio inossidabile contenente la camera idraulica, il sensore di misura, la scheda di condizionamento 4-20 mA e la terminazione del cavo;

b) un filtro, a forma di disco, realizzato in acciaio sinterizzato, ceramica o plastica che mette in comunicazione la camera idraulica con l'ambiente esterno;

c) un cavo elettrico di opportune caratteristiche che realizza il collegamento dello strumento all'unità di lettura.

Il trasduttore elettrico di pressione dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- Campo di misura tipico: compreso tra 0,2 e 5 MPa (da stabilirsi in funzione del problema)
- Massimo sovraccarico: 30% f.s.
- Precisione tipica: < 0,3% f.s.
- Sensibilità: 0,01% f.s.
- Segnale in uscita: 4-20 mA
- Deriva termica di sensibilità: < 0,01%/ °C
- Campo di temperatura: -10÷+55°C

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

I filtri dovranno avere le seguenti caratteristiche minime:

- Materiale: acciaio inox sinterizzato, ceramica, plastica
- Tipo di saturazione: normalmente con aria degassata
- Porosità tipica: 1 micron (alto air entry value)
  40-50 micron (basso air entry value)

La saturazione dei filtri ha lo scopo di rimuovere il gas presente nei pori del filtro e di sostituirlo con fluido disareato che consenta di trasferire più velocemente e rigorosamente la pressione dall'esterno all'interno del piezometro. I filtri a "basso air entry value" sono più facilmente saturabili rispetto ai filtri con "alto air entry value". I cavi dovranno avere le seguenti caratteristiche minime:

- Conduttori: rame stagnato
- Isolamento tipico: PVC, PE, PTFE
- Carico di rottura: non inferiore a 100 Kg
- Schermatura: 90% in calza di rame stagnato
- Rigidità dielettrica: non inferiore a 5000 V
- Isolamento dei conduttori: non inferiore a 1000 V
- Guaine di protezione (interna ed esterna): in funzione delle condizioni di installazione.

B. Installazione

B1. Controlli ed operazioni preliminari

Prima dell'inizio della posa in opera:

a) controllo visivo sull'integrità e sul corretto montaggio dello strumento, con particolare riguardo al filtro ed alla connessione del cavo e del relativo terminale;

b) verifica del corretto funzionamento dello strumento;

c) preparazione del piezometro in un sacchetto di juta o tela, riempito con sabbia fine già lavata, e sistemazione dello strumento in un contenitore con acqua;

d) esecuzione di una lettura con centralina portatile;

e) preparazione del materiale per la formazione degli strati filtrante e di sigillatura;

f) per lo strato filtrante devono essere utilizzati sabbia e ghiaia fine pulite (∅=1÷5 mm);

g) per la sigillatura si utilizzano palline di bentonite precompressa con diametro ∅=1÷2 cm e ghiaietto da 2÷3 cm.

B2. Modalità esecutive

La posa in opera dei piezometri è eseguita secondo le seguenti specifiche:

a) controllo della quota di fondo del foro con idoneo scandaglio;

b) lavaggio della perforazione con acqua pulita e immessa dal fondo;

c) se richiesto, riempimento del foro con malta di acqua-cemento-bentonite (dosaggio a/c/b rispettivamente 100/50/10), fino alla quota di 0,5 m al di sotto di quella prevista per l'installazione del piezometro elettrico, con ritiro progressivo del rivestimento;

d) lavaggio della perforazione con acqua pulita e immessa dal fondo;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

e) realizzazione dello strato filtrante in sabbia fine per uno spessore di almeno 0,5 mm, compattando leggermente con apposito pestello e ritirando i rivestimenti. Tale operazione deve essere eseguita con il foro pieno d'acqua.

f) posizionamento del piezometro nella perforazione alla quota prevista (all'interno del contenitore con acqua e sabbia) e del cavo di collegamento;

g) esecuzione di una lettura per controllare il corretto funzionamento del piezometro;

h) immissione di sabbia pulita attorno e sopra il piezometro per una altezza di circa 0,5 m, ritirando progressivamente i rivestimenti di perforazione senza l'ausilio della rotazione e controllando che il piezometro non risalga con i rivestimenti;

i) controllo della quota superiore dello strato filtrante mediante apposito scandaglio;

j) formazione del tappo impermeabile costituito da palline di bentonite da 2÷3 cm di diametro, con spessore superiore a 1 m; ritiro progressivo dei rivestimenti di perforazione, non utilizzando la rotazione e compattando leggermente con pestello per evitare di danneggiare il cavo;

k) riempimento del tratto del foro compreso tra l'estremità superiore del tappo impermeabile e il piano campagna con miscela di cemento e bentonite (dosaggio a/c/b rispettivamente 100/50/10 in peso) od altro materiale idoneo;

l) esecuzione di una lettura di controllo del buon funzionamento del piezometro;

m) sistemazione dell'estremità superiore del piezometro in un pozzetto metallico con chiusura a lucchetto e chiave. Il pozzetto dovrà essere cementato nel terreno. Le chiavi, identificate da un cartellino completo delle indicazioni del caso, saranno consegnate alle Ferrovie; nel caso di installazione in luoghi aperti al traffico veicolare o pedonale (strade, piazzali, marciapiedi), e solo su specifica richiesta delle Ferrovie, in luogo del chiusino standard dovrà essere installato idoneo chiusino carrabile, posto in opera a filo della pavimentazione esistente.

Nei giorni successivi all'installazione di ogni piezometro devono essere eseguite alcune letture al fine di controllarne il corretto funzionamento e la stabilizzazione della pressione interstiziale e solo successivamente potrà essere eseguita la prima lettura operativa.

La misura deve essere effettuata connettendo il cavo alla centralina di lettura mediante l'apposito connettore.

C. Misure

Per la lettura dei trasduttori di pressione devono essere utilizzate centraline di lettura con le seguenti caratteristiche tecniche:

- Display: 4 1/2 digits - LCD
- Risoluzione: 1 digit
- Precisione tipica: % 2 digits
- Coefficiente di deriva termica: ≤ 0,3 digit /°C
- Temperatura di utilizzo: 0÷50°C
- Grado minimo di protezione: IP64
- Connettori: stagni IP65
- Alimentazione: con batterie interne ricaricabili
- Autonomia: min. 10 ore

Le misure acquisite dovranno essere riferite alla quota assoluta rispetto al livello del mare.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Documenti da consegnare.

Per ogni piezometro installato dovranno essere riportate nel documento stratigrafico del relativo sondaggio o della perforazione tutte le informazioni sulla ubicazione e le relative caratteristiche e sul livello piezometrico rilevato.

La documentazione comprenderà, per ciascun piezometro elettrico installato:

- informazioni generali (profondità, quota bocca foro ecc.);
- tipo e caratteristiche del piezometro elettrico e dell'unità di misurazione (marca, modello, eventuale numero di matricola)
- schema geometrico dell'installazione;
- quota assoluta dei terminali piezometrici;
- tabulazioni dei dati piezometrici raccolti per la durata del cantiere.

Riferimenti normativi:

- AGI (1977) " Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche"

3.8.1.4 Installazione di tubo inclinometrico.

Si tratta di tubi deformabili, resi solidali al terreno e di cui seguono le deformazioni, all'interno dei quali viene calata una apposita sonda inclinometrica in grado di misurare le variazioni dalla verticale su due piani perpendicolari. La strumentazione trova efficace utilizzo nei movimenti franosi o di grandi rilevati per i quali è in grado di fornire informazioni su profondità, direzione e velocità di scorrimento. Affinché si ottengano valori attendibili è necessario che la base del tubo inclinometrico sia ammorsata in terreno stabile.

A. Strumentazione

A1. Tubi e manicotti

Devono essere utilizzati tubi inclinometrici a 4 guide con diametro interno del tubo pari a 76 mm e lunghezza non inferiore a 3 m.

I tubi devono essere realizzati in alluminio; in alternativa potranno essere installati tubi inclinometrici in ABS il cui utilizzo dovrà essere preventivamente autorizzato dalle Ferrovie.

La giunzione tra gli spezzoni di tubo deve avvenire per mezzo di appositi manicotti di giunzione la cui lunghezza non deve essere inferiore a 300 mm. Le tolleranze di accoppiamento con i tubi devono essere tali da garantire una rotazione reciproca dei tubi inferiore a 2°.

Le caratteristiche dei tubi dovranno essere le seguenti:

- Dimensioni: Øint guide = 82 mm
- Spessore: min. 2 mm (min. 4 mm per tubi in ABS)
- Lunghezza tubi: 3 m
- Materiale: alluminio, ABS
- Eventuali protezione: anodizzazione o verniciatura con vernici epossidiche (per tubi in alluminio)
- Angolo di spiralatura max: < 0,5°/m
- Perpendicolarità delle sezioni terminali: ± 1°

L'utilizzo di tubi in alluminio in ambiente aggressivo dovrà essere subordinato alla realizzazione di opportune protezioni (anodizzazioni o verniciatura con resine epossidiche), da concordare con le Ferrovie.

La cementazione dei tubi in alluminio dovrà comunque sempre essere eseguita mediante l'utilizzo di cemento pozzolanico.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Le caratteristiche dei manicotti di giunzione dovranno essere le seguenti:

- Dimensioni: ∅int guide = 87÷89 mm
- Lunghezza: 300 mm
- Materiali: alluminio, ABS
- Gioco massimo di accoppiamento tra i tubi, dovuto ai soli manicotti: ± 2°/giunto

A2. Sonda inclinometrica

La sonda inclinometrica dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- Tipo di sonda: biassiale
- Sensori: servoinclinometri
- Passo tra le ruote: 50 cm
- Campo di misura: ± 14,5° , ± 30°
- Connettore per giunzione al cavo: stagno (500 m)
- Materiale: acciaio inox
- Carrelli: basculanti a due ruote
- Risoluzione: 1" di grado

A3. Cavo

Il cavo deve fornire l'alimentazione alla sonda e trasmettere i segnali rilevati, nonché garantirne il sostegno e permettere la determinazione della profondità di lettura. A questo scopo esso deve essere dotato di tacche di riferimento di lunghezza uguale al passo dello strumento.

Il cavo deve essere di tipo inestensibile con armatura interna in acciaio o Kevlar e deve avere la guaina esterna anti-abrasione, con tacche di riferimento ogni mezzo metro, in accordo al passo tra le ruote della sonda.

Il cavo deve essere provvisto alle estremità di connettori per il collegamento alla sonda ed alla centralina di lettura.

A4. Centralina di misura

La lettura delle inclinazioni rilevate dalla sonda devono essere eseguite per mezzo di una centralina portatile dotata di uno o due displays su cui vengono visualizzate le inclinazioni espresse in seno dell'angolo, amplificate di un fattore pari a 10.000, 20.000 o 25.000 con coefficiente di deriva termica compreso tra 0,01 e 0,03% fondo scala/°C.

La centralina può essere di tipo manuale, quindi con la necessità di trascrizione manuale dei dati rilevati, oppure automatica con registrazione dei dati rilevati, oppure automatica con registrazione dei dati su memoria magnetica e non volatile ed eventuale stampa su carta.

Le caratteristiche della centralina di misura dovranno essere le seguenti:

- Display: 4 ½ digits LCD
- Risoluzione: 1/10.000; 1/20.000; 1/25.000
- Precisione tipica: +2 digits; ± 0,3 digit/°C
- Lettura: 10.000/20.000/25.000 sen α
- Temperatura di utilizzo: 0÷50°C
- Alimentazione: batterie interne ricaricabili
- Autonomia: min. 10 ore
- Protezioni: IP 64

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

B. Installazione

La perforazione in cui verrà installato il tubo inclinometrico dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- diametro sufficiente all'inserimento del tubo inclinometrico che nella parte a massima sezione (manicotto con nastro di protezione) ha un diametro di circa 96 mm al quale va aggiunto il diametro del tubetto di iniezione;
- deviazione globale dalla verticale ≤ 1,5%.

B1. Controlli ed operazioni preliminari

Prima dell'inizio della posa in opera:

a) verifica che i tubi ed i manicotti non presentino lesioni o schiacciamenti soprattutto nelle parti terminali;
b) verifica che le estremità dei tubi e dei manicotti non presentino sbavature tali da compromettere il buon accoppiamento di tubi e lo scorrimento della sonda di misura;
c) verifica dell'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione dalla valvola di fondo;
d) verifica del corretto montaggio della valvola di fondo;
e) controllo e preparazione dei componenti per la realizzazione della miscela di cementazione;
f) controllo degli utensili per l'installazione: diametro delle punte del trapano, rivetti, collante, ecc.;
g) verifica quota fondo foro.

B2. Modalità esecutive

La posa in opera dei tubi inclinometrici deve essere eseguita secondo le seguenti modalità:

a) mantenimento del foro pieno il più possibile d'acqua e verifica della profondità con scandaglio;
b) pre-assemblaggio dei tubi in spezzoni di 6 m terminanti ad un estremo con un manicotto; le giunzioni devono essere realizzate secondo le seguenti modalità:
   - inserimento del manicotto sul tubo per metà della sua lunghezza;
   - esecuzione dei fori per i rivetti (minimo 4 per ogni tubo) lungo generatrici equidistanti dalle guide ed a circa 50 mm dall'estremità del manicotto;
   - mantenendo in posizione il manicotto mediante inserimento provvisorio di rivetti, introduzione dell'altro tubo ed esecuzione dei fori;
   - rimozione del manicotto;
   - stesura di un sottile strato di mastice o di idoneo collante all'estremità dei tubi da giuntare, per una lunghezza di circa 15 cm;
   - inserimento del primo tubo nel manicotto e rivettaggio;
   - inserimento del secondo tubo e rivettaggio;
   - evitando bruschi movimenti, abbondante fasciatura del giunto con nastro adesivo auto vulcanizzante, in particolar modo sui bordi e sopra i rivetti;
c) assemblaggio della valvola di fondo sul primo spezzone di tubo, con annotazione della lunghezza totale e montaggio del primo manicotto;
d) inserimento del primo spezzone così predisposto nella perforazione;
e) bloccaggio del tubo con la cravatta avendo cura di non deformarlo e di permettere la fuoriuscita del solo manicotto di giunzione;
f) inserimento dello spezzone successivo e foratura, incollaggio, rivettatura e sigillatura del giunto;
g) dopo avere allentato la cravatta, calaggio della colonna nel foro fino a fare sporgere il solo manicotto; bloccaggio del tubo con la cravatta;
h) inserire nel tubo inclinometrico l'acqua necessaria per diminuire il galleggiamento dello stesso se non sono stati inseriti pesi sufficienti sul fondo della tubazione;
i) mediante operazioni simili a quelle sopra descritte, completamento della posa della colonna provvedendo, ad intervalli opportuni, a fissare al tubo inclinometrico i tubetti di iniezione (se previsti);

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

j) completata la posa della colonna, inserimento all'interno del tubo inclinometrico dei tubi di iniezione (se previsti) che vengono agganciati alla valvola di fondo: inizio della cementazione a bassa pressione (max 2 bar). L'operazione si considera ultimata dopo avere osservato, per un congruo intervallo di tempo, la fuoriuscita di miscela in superficie;
k) estrazione del rivestimento di perforazione senza l'ausilio della rotazione. Durante questa fase si eseguono i rabbocchi necessari di miscela di cementazione direttamente dall'alto; qualora si sia notato l'abbassamento del livello della miscela, si deve provvedere al rabbocco anche nei giorni successivi;
l) terminata la cementazione, lavaggio del tubo mediante apposito attrezzo;
m) verifica dell'integrità e della continuità del tubo mediante sonda testimone;
n) determinazione della guida di riferimento e valutazione del suo azimut mediante bussola;
o) posa in opera del pozzetto di protezione.

C. Misure

La quota assoluta della testa del tubo inclinometrico deve essere rilevata mediante livellazione di precisione con frequenza almeno semestrale. Il rilievo deve essere ripetuto ogni qualvolta si effettuino operazioni che comportino la variazione di quota della testa del tubo.

L'esecuzione di una lettura deve essere eseguita annotando i valori letti al display della centralina quando la sonda inclinometrica si trova posizionata ad una profondità nota.

Questi valori dipendono dalla costante di misura della sonda e sono proporzionali all'inclinazione locale.

Le letture devono essere eseguite in tutte le quattro guide dei tubi: la prima con la ruota di riferimento nella guida 1, la seconda lettura nella guida 3, la terza nella guida 2 e la quarta nella 4, per cui, utilizzando sonde biassiali le profondità sono lette complessivamente in otto componenti (A1, A2, A3, A4; B1, B2, B3, B4).

L'eventuale esecuzione delle letture su due guide soltanto deve essere preventivamente concordata con le Ferrovie.

Le letture devono essere eseguite secondo le seguenti modalità:

a) la sonda inclinometrica viene inserita nella guida 1, che di norma è sull'asse più parallelo alla direzione del movimento da indagare, e quindi calata lentamente nel tubo fino a fondo foro e ivi mantenuta ferma per circa 10 minuti fino alla stabilizzazione del valore visualizzato al display;
b) la sonda viene sollevata nella posizione della prima lettura a circa 0,50 m da fondo foro. Atteso qualche secondo per la stabilizzazione dei valori visualizzati, si annotano la profondità e le componenti A e B dell'inclinazione locale sul foglio delle letture;
c) la sonda viene sollevata nella successiva posizione di lettura, distante dalla precedente, una quantità pari all'interasse dei carrelli. Atteso qualche secondo per la stabilizzazione dei valori visualizzati, vengono annotate profondità e letture A e B;
d) le letture vengono proseguite fino a testa foro completando così il ciclo;
e) con le stesse modalità, vengono eseguiti i cicli di letture nelle altre guide: nell'ordine 3-2-4, avendo annotato i valori sul foglio di lettura.
f) le letture inclinometriche devono essere ripetute ogni qualvolta si effettuano operazioni di variazione di quota della testa tubo.

D. Manutenzione

Periodicamente (almeno ogni 6 mesi) o qualora durante l'esecuzione delle misure se ne riscontrasse la necessità, si deve procedere ad un lavaggio dei tubi per rimuovere eventuali incrostazioni o depositi di materiale sul fondo.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Il lavaggio deve essere effettuato con un tubo idoneo ad un getto di acqua a bassa pressione. Inoltre si deve porre attenzione alla manutenzione della testa dei tubi, perché non subisca danneggiamenti per urti o schiacciamenti che precludano l'accesso della sonda o possano invalidare l'eventuale riferimento topografico realizzato a testa tubo.

Le letture devono essere eseguite con una frequenza di 1 misura ogni metro di profondità di tubo nell'intervallo definito dalle Ferrovie.

Documenti da consegnare.

Al termine dell'installazione e della prima serie di misure (lettura "zero") e comunque dopo ogni serie di misure entro il termine temporale concordato con le Ferrovie e comunque entro 15 giorni dalla loro effettuazione dovrà essere consegnata alle Ferrovie la seguente documentazione:

- planimetria con ubicazione tubo e orientamento esatto della guida "1" rispetto al Nord geografico;
- schema della numerazione delle guide;
- eventuali coefficienti di correlazione applicati alla strumentazione utilizzata in fase di rilevazione dati;
- lista dei dati originali rilevati con l'indicazione dello scostamento rispetto alla media teorica e degli spostamenti massimi e minimi su tabella formato excel;
- elaborazione dati rispetto alla lettura di riferimento, secondo il passo con cui è stata effettuata la misura stessa ed elencazione numerica, al decimo di millimetro, degli spostamenti assoluti, dei relativi azimut riferiti alla guida 2 e delle componenti di spostamento parziale lungo l'asse x (guida 1-3) e lungo l'asse y (guida 2-4);
- indicazione di eventuali coefficienti di correlazione applicati in fase di elaborazione per l'eliminazione degli errori sistematici;
- elaborazioni grafiche con disegni in linea continua ed in scala appropriata agli ordini di grandezza riscontrati degli spostamenti, dei relativi azimut e delle componenti di spostamento x e y;
- copia del certificato di taratura della sonda usata.

Al termine dell'ultima serie di misure nei termini concordati con le Ferrovie e comunque entro 30 giorni:

- elaborazioni grafiche comparative per ogni singolo tubo, con disegno in linea continua ed in scala appropriata agli ordini di grandezza riscontrati, riportanti contemporaneamente sui singoli elaborati le curve di spostamento, di azimut e delle componenti di spostamento lungo le direzioni x e y, di tutte le letture effettuate, in modo da evidenziare le eventuali differenze nel tempo.

Nel caso di impiego di tubi inclino-assestimetrici la documentazione di cui sopra dovrà essere integrata dai seguenti dati:

- tabelle con l'indicazione dei dati rilevati e della loro elaborazione;
- diagramma con l'indicazione degli spostamenti relativi di ciascuna coppia di anelli adiacenti in funzione della profondità;
- diagramma con l'indicazione della somma degli spostamenti a partire dalla base più profonda considerata ferma.

3.8.1.5 Installazione di assestimetro elettromagnetico verticale a tubo corrugato.

L'assestimetro elettromagnetico è installato all'interno di un foro di sondaggio ed è in grado di determinare a varie quote l'entità dei cedimenti nel tempo dei terreni in profondità.

A. Strumentazione

La strumentazione è generalmente costituita da:

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- un tubo parete in PVC deformabile corrugato lungo la sua lunghezza (∅est = 50÷85 mm, spessore ≥1 mm), filettato all'estremità e fornito generalmente in spezzoni o in continuo con una punta da avvitare nell'estremità inferiore;
- anelli magnetizzati installati coassialmente ed esternamente al tubo parete e resi solidali al terreno circostante grazie ad alette o molle in grado di garantirne un sicuro ammorzamento;
- un tubo guida in duralluminio (∅est = 25÷33 mm) in spezzoni di 1,5÷3,0 m filettati alle estremità, fissato solo superiormente (onde garantirne verticalità e rettilineità) tramite un anello di sospensione ad un tubo di testa a sua volta fissato al terreno tramite apposita gabbia di ancoraggio.

B. Installazione

B1. Controlli ed operazioni preliminari

Prima dell'inizio della posa in opera:

a) verifica che i tubi e gli anelli magnetizzati non presentino lesioni o schiacciamenti, in particolare nelle parti terminali;
b) verifica che le estremità dei tubi e degli anelli non presentino sbavature tali da compromettere il buon accoppiamento di tubi e lo scorrimento della sonda di misura;
c) verifica dell'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione dalla valvola di fondo;
d) verifica del corretto montaggio della valvola di fondo;
e) controllo e preparazione dei componenti per la realizzazione della miscela di cementazione;
f) controllo degli utensili e degli accessori per l'installazione;
g) verifica quota fondo foro.

B2. Modalità esecutive

La posa in opera della strumentazione deve essere eseguita con le seguenti modalità:

- accoppiamento degli spezzoni tramite la filettatura;
- avvitamento della punta terminale all'estremità inferiore del tubo parete corrugato;
- inserimento di questo nel foro di sondaggio rivestito;
- inserimento del tubo guida all'interno del tubo parete e suo fissaggio superiore;
- graduale sollevamento del rivestimento del sondaggio con progressivo riempimento del foro con ghiaietto;
- posa in opera di uno strato di sabbia e sollevamento del rivestimento poco al di sopra (circa 30 cm) della quota prevista per il primo anello magnetico;
- controllo profondità foro;
- inserimento tramite apposito strumento guida del primo anello magnetico (le molle devono aderire al terreno al di sotto dell'estremità inferiore dei tubi di rivestimento);
- riempimento dell'intercapedine con miscela acqua-cemento-bentonite con caratteristiche tali da riprodurre quelle dei terreni circostanti;
- sollevamento del rivestimento fino alla successiva posizione con riempimento del foro mediante sabbia;
- ripetizione successiva delle operazioni per tutti gli anelli previsti;
- realizzazione del blocco di ancoraggio al terreno e fissaggi definitivi, controllo preliminare della strumentazione.

Il numero di anelli magnetizzati e la loro profondità di posa deve essere preventivamente concordata con le Ferrovie.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

C. Misure

La misurazione avviene tramite sondina manuale con un cavo metrato alla cui estremità è posizionato un puntale che emette un segnale acustico e/o luminoso a contatto con il campo magnetico prodotto da ciascun anello.

Le letture vengono eseguite con le seguenti modalità:

- calaggio della sondina nel tubo guida svolgendo lentamente il cavo;
- nel momento dell'emissione del segnale acustico, rialzare leggermente il cavo e riabbassarlo nuovamente annotando la quota relativa sul cavo;
- ripetere la misurazione per almeno 4 volte e mediare il risultato ottenuto (o comunque fino al raggiungimento di una precisione di ±2 mm)

La quota assoluta della testa dell'assestimetro dovrà essere rilevata mediante livellazione di precisione con frequenza di rilievo da definire con le Ferrovie. Il rilievo inclinoassestimetrico, comunque, dovrà essere eseguito ogniqualvolta si effettuano operazioni di variazione di quota della testa tubo di riferimento.

D. Manutenzione

Periodicamente (almeno ogni 6 mesi) o qualora durante l'esecuzione delle misure se ne riscontrasse la necessità, si deve procedere ad un lavaggio dei tubi per rimuovere eventuali incrostazioni o depositi di materiale sul fondo. Il lavaggio deve essere effettuato con un tubo idoneo ad un getto di acqua a bassa pressione.

Inoltre si deve porre attenzione alla manutenzione della testa dei tubi, perché non subisca danneggiamenti per urti o schiacciamenti che precludano l'accesso della sonda o possano invalidare l'eventuale riferimento topografico realizzato a testa tubo.

Documenti da consegnare.

Al completamento delle operazioni dovranno essere riportate nel documento stratigrafico del sondaggio tutte le informazioni generali e le letture effettuate comprendenti:

- informazioni generali (profondità, quota boccaforo s.l.m. ecc..);
- caratteristiche dei tubi installati;
- schema geometrico di installazione con indicate quote assolute e relative degli anelli magnetici.

Inoltre:

- entro 15 giorni dall'installazione dell'assestimetro, un grafico con l'esatta indicazione delle caratteristiche e delle misure del dispositivo installato nonché una tabella con i dati relativi alla misura base;
- entro 15 giorni da ogni misura, gli stessi elaborati di cui al punto precedente più l'andamento degli assestamenti rilevati posti anche in diretto raffronto con i precedenti rilievi mediante tabelle e grafici.

3.8.1.6 Installazione di assestimetro a piastra.

L'assestimetro a piastra viene installato per valutare l'evoluzione nel tempo dei cedimenti del terreno, sollecitato da carichi, in genere in corrispondenza di rilevati e opere in terra di nuova realizzazione.

A. Strumentazione

L'assestimetro a piastra è costituito da una piastra in calcestruzzo o in acciaio zincato, munita di aste rigide prolungabili su cui eseguire periodicamente le livellazioni di precisione.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La piastra in calcestruzzo dovrà avere dimensioni non inferiori a 60x60 cm e spessore 10 cm; dovrà essere opportunamente armata per evitare deformazioni o fessurazioni e la sua base dovrà essere perfettamente piana.

La piastra in acciaio, di dimensioni non inferiori a 50x50 cm e spessore 1 cm, sarà rinforzata lungo le diagonali per evitare eventuali deformazioni.

Al centro delle piastre sarà fissato o saldato l'anello di avvitamento dell'asta rigida di misura consistente in un tubo filettato da 1" in modo tale che l'asta sia perfettamente perpendicolare alla base della piastra.

L'asta di misura sarà in acciaio inox di diametro non inferiore a 25 mm, in barre da 2 m con filettatura femmina e manicotti di giunzione.

L'asta di misura sarà protetta da un rivestimento (guaina antiattrito corrugata), ad alta deformabilità, tenuto in posizione coassiale rispetto all'asta stessa mediante un anello di invito inferiore fissato alla piastra assestimetrica ed un anello portaguaina superiore.

L'estremità superiore dell'asta di misura sarà chiusa da una borchia che avrà funzione di riferimento per le letture oltre che di tappo di chiusura superiore.

B. Installazione e modalità esecutive

Per la posa in opera della piastra si dovrà eseguire uno scavo fino ad una profondità di 1 m circa dal piano campagna; il fondo dello scavo sarà livellato con sabbia fine (circa 20 cm) compattata in modo da ottenere una superficie orizzontale su cui sarà posata la piastra.

L'asta di misura, avvitata alla piastra, dovrà risultare perfettamente verticale.

Attorno all'asta verrà posto il tubo di rivestimento che non dovrà poggiare sulla piastra.

Con il procedere della costruzione del rilevato, si dovrà prolungare l'asta di misura, avvitando tubi successivi da 1" , ed il rivestimento di protezione.

Per evitare possibili danneggiamenti causati dai mezzi di cantiere, il sistema asta di misura-rivestimento dovrà essere esternamente protetto con tubi prefabbricati in cemento, del diametro di 50÷56 cm (20" ÷22") e l'intercapedine tra il tubo ed il rivestimento di protezione dell'asta di misura dovrà essere riempita a mano.

L'asta di misura ed il rivestimento dovranno sporgere di poco dal piano campagna.

Il rivestimento in sommità dovrà essere munito di un coperchio con lucchetto a protezione dell'asta di misura.

La testa dell'asta di misura dovrà sporgere dal rivestimento, tolto il coperchio, per consentire le misure topografiche di controllo.

Al procedere della crescita del rilevato, si dovrà togliere l'anello di tenuta superiore ed aggiungere un'altra asta di misura curando di giuntare tra loro gli spezzoni di guaina antiattrito.

C. Misure

Dopo l'installazione si eseguirà una misura topografica di controllo, a distanza di qualche giorno dalla posa, per determinare la quota di zero della piastra.

I cedimenti saranno misurati con uno strumento ottico di precisione, con l'approssimazione di 1 mm, riferito ad un caposaldo fisso.

La parte sommitale dell'estensimetro dovrà essere adeguatamente protetta da eventuali danneggiamenti.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Documenti da consegnare.

Al completamento dell'installazione dell'assestimetro dovrà essere consegnata la seguente documentazione:

- descrizione generale (progetto, ubicazione dello strumento, data di installazione ecc…);
- caratteristiche del terreno di appoggio della piastra;
- caratteristiche e schema di installazione dell'assestimetro;
- quota assoluta della piastra e dell'estremità superiore (borchia) dell'asta di misura;
- misura di zero;

Entro quindici giorni da ogni campagna di misura, dovranno essere consegnati per ciascun assestimetro:

- tabulato con le letture di campagna contenente la differenza delle varie misure di controllo rispetto alla misura di zero;
- grafico cedimento/tempo.

3.8.1.7 Installazione di assestimetro orizzontale a cella idraulica.

L'assestimetro orizzontale è composto da un tubo flessibile, installato orizzontalmente, all'interno del quale viene inserita una sonda idrostatica piena di liquido le cui variazioni di altezza sono funzione della deformata del tubo stesso e di conseguenza dei cedimenti del terreno al suo intorno.

A. Strumentazione

Il tubo flessibile da porre in sito avente diametro di 2" è costituito da polietilene ad alta densità.

La sonda di misura è costituita da un cilindro di acciaio ($\varnothing_{est}$ =32 mm) con trasduttore di pressione con fondo scala di 10000 mm di colonna di fluido, per la misura della pressione del liquido contenuto nel circuito.

Il cavo viene avvolto in apposito rullo avvolgicavo all'interno del quale è posizionato il serbatoio del liquido idraulico nonché la centralina di misura.

Il cavo elettroidraulico dovrà trasmettere i segnali elettrici del trasduttore di pressione con tubetto di diametro pari a 8 mm contenente il fluido costituito da una miscela di acqua e glicerina 1:1.

B. Installazione

B1. Controlli ed operazioni preliminari

Prima dell'inizio della posa in opera:

a) verifica che il tubo non presenti lesioni o schiacciamenti, in particolare nelle parti terminali;
b) verifica che le estremità del tubo non presenti sbavature tali da compromettere lo scorrimento della sonda di misura;
c) controllo degli utensili e degli accessori per l'installazione.

B2. Modalità esecutive

La posa in opera della strumentazione deve essere eseguita con le seguenti modalità:

- preparazione di apposita trincea e suo livellamento;
- posizionamento del tubo orizzontalmente nel terreno;
- riempimento con materiale idoneo (sabbia o altro) adeguatamente compattato in modo tale da garantire una deformazione uniforme al terreno circostante una volta realizzata la sovrastruttura della quale si vogliono misurare i cedimenti;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- realizzazione di due blocchetti in calcestruzzo alle estremità del tubo, ai quali il tubo stesso viene vincolato ma in modo da poter scorrere;
- messa in opera di tasselli di riferimento sui blocchetti;
- inserimento di tappi di protezione;
- rilievo topografico dei blocchetti di calcestruzzo e della sovrastruttura durante i vari stadi di costruzione.

C. Misure

Le letture devono essere rilevate lungo il tubo e rapportate ai tasselli di riferimento esterni in modo da potere tracciare un profilo completo delle deformazioni. La risoluzione del sistema è pari a 0,01 m mentre il campo di esercizio va da –5 a +5 m rispetto al livello di riferimento.

Dopo avere eseguito il rilievo topografico dei blocchi di calcestruzzo e della sovrastruttura, una volta raggiunto l'equilibrio termico dell'insieme, è necessario procedere alla calibratura del sistema attraverso una apposita base di misura adiacente al foro del tubo assestimetrico; ciò avviene inserendo la sonda in due fori aventi dislivello noto.

Dopo avere inserito la sonda nel tubo le misurazioni saranno eseguite a distanze regolari predeterminate con il cavo metrato.

Documenti da consegnare.

Al completamento delle operazioni dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

a) uno schema geometrico del posizionamento della strumentazione;
b) entro quindici giorni dall' installazione dell'assestimetro, un grafico con l'esatta indicazione delle caratteristiche e delle misure del dispositivo installato;
c) una tabella con i dati relativi alla misura di base , caratteristiche e dati della strumentazione di misura (marca, modello, numero matricola, sensibilità, precisione);
d) entro quindici giorni da ogni misura, gli stessi elaborati di cui ai punti precedenti più gli elementi, tabellati e grafici, degli assestamenti rilevati.

3.8.1.8 Installazione di estensimetro a cavo.

Si tratta di cavi, appositamente ancorati ad una estremità e dotati di contrappeso all'altra, atti a misurare spostamenti relativi rispetto ad un punto di riferimento fisso.

A. Strumentazione

La strumentazione è costituita essenzialmente da:

- tubo guida in acciaio invar per l'alloggiamento del contrappeso e del trasduttore di spostamento, dotato di una testa di ancoraggio con puleggia di rimando e di un dispositivo per la correzione della posizione del trasduttore di spostamento;
- chiodi di ancoraggio di lunghezza compresa tra 350 e 500 mm e diametro minimo pari a 20 mm;
- contrappeso costituito da materiale a basso coefficiente di dilatazione;
- filo d'acciaio invar di diametro minimo pari a 3 mm e di lunghezze varie, dotato di occhielli e di gancio di fermo per la sospensione;
- fermo di tensione con occhiello e gancio;
- trasduttore di spostamento con differenti campi di misura.

I cavi in materiale invar dovranno avere un basso coefficiente lineare di dilatazione termica; in ogni caso il sistema dovrà essere dotato degli accorgimenti necessari per individuare, e quindi annullare per via analitico - interpretativa o automatica, variazioni nella lunghezza dei cavi in seguito ai cambiamenti di temperatura del materiale.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

B. Installazione

L'estensimetro a cavo dovrà essere installato posizionando due chiodi di ancoraggio a cavallo della frattura da esaminare.

La sequenza operativa per la messa in opera dei chiodi è la seguente:

- perforazione di diametro e lunghezza adeguata alle dimensioni del chiodo da installare;
- posizionamento del chiodo all'interno del foro lasciando sporgere soltanto la testa del chiodo stesso;
- cementazione dell'intercapedine foro-chiodo mediante malta a presa rapida, curando il completo intasamento del volume da cementare.

Al termine della cementazione si dovrà aspettare almeno un paio d'ore prima di proseguire con le operazioni di installazione dell'estensimetro che prevedono le seguenti fasi:

- posizionamento del tubo guida e della relativa testa di ancoraggio al chiodo predisposto;
- collegamento dell'estremità opposta al tubo guida con un filo d'acciaio con fermo di tensione allentato;
- collegamento del filo d'acciaio invar al contrappeso di tensione che dovrà passare nella puleggia di rimando;
- tesatura del filo d'acciaio per mezzo del fermo di tensione e successivo azzeramento del trasduttore di spostamento.

C. Misure

Gli eventuali allungamenti o accorciamenti dovranno essere letti in corrisondenza del trasduttore di spostamento utilizzando un'idonea centralina di lettura.

La frequenza di esecuzione delle misure dovrà essere approvata preventivamente dalle Ferrovie.

Documenti da consegnare.

Per ogni estensimetro attrezzato per letture dirette dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

a) immediatamente dopo ogni misura, a richiesta delle Ferrovie, una copia dei dati originali di campagna;
b) entro 15 giorni dall'esecuzione delle misure una relazione con la documentazione relativa alla misura effettuata, cosi composta:
   - dati di individuazione dell'estensimetro oggetto della misura;
   - data ed ora di effettuazione della misura;
   - indicazione delle temperature medie esterne, dell'estensimetro e della roccia al momento della lettura;
   - lista dei dati originali rilevati in campagna;
   - elaborazione e graficizzazione dei dati rispetto alla lettura di riferimento;
   - indicazione di eventuali correzioni effettuate per l'eliminazione per via analitico-interpretativa degli errori sistematici.
c) entro trenta giorni dall'esecuzione dell'ultima serie di letture, una relazione conclusiva comprendente, oltre quanto sopra detto relativamente ad ogni singola lettura, elaborazioni e graficizzazioni comparative e riassuntive di tutte le misure effettuate.

Riferimenti normativi:

- ISRM (1978). Suggested Methods for Monitoring Rock Movements using Borehole Extensometers.

3.8.1.9 Installazione di estensimetro a barra.

L'estensimetro a barra viene utilizzato per la misura dello spostamento relativo, in roccia o nel terreno tra uno (estensimetro monobase) o più (estensimetro multibase) punti in profondità ed un riferimento in superficie, attraverso aste messe in opera all'interno di un foro di perforazione.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

A. Strumentazione

Lo strumento è costituito da un riferimento fisso, installato in profondità, all'interno di perforazioni appositamente realizzate cui è collegata una batteria di aste protette da una guaina esterna le quali trasferiscono il movimento del punto di ancoraggio alla testa di riferimento dello strumento. I movimenti del punto di ancoraggio devono essere rilevati per mezzo di un trasduttore elettrico di spostamento o da un comparatore centesimale.

L'estensimetro a barra può essere monobase o multibase; in genere all'interno di un foro di diametro pari a 101 mm può essere installato un estensimetro multibase fino a sei basi di misura.

I componenti principali dell'estensimetro a barra sono:

- aste di misura in fibra di vetro o in acciaio/invar;
- tubo antiattrito dell'asta di misura;
- ancoraggio superiore ed inferiore;
- testa estensimetrica monobase o multibase;
- tubi di cementazione;
- tappo per il bloccaggio delle aste durante la cementazione;
- coperchio della testa, tappi di chiusura e centratori delle aste;
- strumenti di misura (trasduttore elettrico di spostamento, comparatore centesimale).

Le aste di misura possono essere sia in fibra di vetro sia in acciaio o invar.

Le aste in fibra di vetro in generale sono più facili da installare specialmente se lo spazio a disposizione è ridotto; inoltre le aste in fibra di vetro possono essere pre-assemblate in fabbrica della lunghezza richiesta e trasportate in sito.

Le aste invar sono da preferirsi quando si aspettano grandi variazioni termiche nell'ambiente di installazione.

Le aste in acciaio sono fornite in spezzoni di lunghezza pari a 2-3 m con filettature maschio/femmina.

Le aste in acciaio/invar sono più rigide di quelle in fibra di vetro e sono da preferirsi quando si ipotizzano fenomeni di accorciamento (compressione) piuttosto che di allungamento (trazione) ed in ogni caso quando è previsto l'impiego di aste molto lunghe.

Il diametro delle aste varia a secondo della casa costruttrice; le aste in fibre di vetro hanno in genere diametri inferiori rispetto a quelle in acciaio/invar.

Negli estensimetri multibase le aste di misura devono essere dotate di anelli centratori installati ad intervalli di 3 m .

Il tubo antiattrito deve ospitare l'asta di misura isolandola dal terreno circostante, impedendo l'insorgere di attriti e facendo sì che l'asta interna sia libera di scorrere e trasmettere il movimento relativo tra l'ancoraggio inferiore e la testa di misura. Il diametro del tubo antiattrito deve essere adeguato al diametro delle aste di misura; per esempio, in presenza di aste di misura di 11 mm di diametro si dovrà utilizzare una guaina di protezione di diametro pari ad almeno 16 mm. Il tubo antiattrito dovrà essere collegato agli ancoraggi superiore ed inferiore mediante guarnizioni a tenuta stagna

Gli ancoraggi inferiore e superiore sono costituiti da spezzoni di tubo in acciaio.

L'ancoraggio inferiore è in acciaio zincato ad aderenza migliorata (lunghezza compresa tra 250 e 600 mm) ed è cementato al terreno circostante.

L'ancoraggio superiore dovrà essere collegato alla asta di misura e si innesta nella testa di misura.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La testa estensimetrica di misura sarà monobase o multibase in funzione dei punti di misura necessari. Dovrà essere costruita in acciaio inossidabile e sarà fornita di una testa di protezione a tenuta stagna.

Il sistema di misura può essere di tipo elettrico mediante trasduttore elettrico di spostamento e di tipo meccanico mediante comparatore centesimale.

- Il trasduttore elettrico di spostamento dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:
  - Campo di misura tipico: ± 20, ± 50 mm
  - Risoluzione: 0,05 mm
  - Precisione tipica: compresa tra 0,5 ed 1% fondo scala
  - Principio di funzionamento: potenziometrico, LVDT, od altro
  - Coefficiente di deriva termica: non superiore a 0,03% fondo scala/°C
  - Campo di temperatura:-10°C ÷ +50°C
  - Grado di protezione: IP 65.
- Il comparatore centesimale dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:
  - Campo di misura tipico: 20 mm, 50 mm
  - Risoluzione tipica: 0,01 mm
  - Precisione tipica: 0,1 mm

B. Installazione

Controlli ed operazioni preliminari

Prima dell'inizio della posa in opera devono essere eseguiti i seguenti controlli:
a) controllo visivo dell'integrità e rispondenza dei componenti alle specifiche;
b) verifica funzionale degli strumenti di misura e degli accoppiamenti tra i vari componenti;
c) verifica dell'identificazione della verticale di misura.

Modalità esecutive

Per un estensimetro monobase la posa in opera deve essere eseguita secondo le seguenti modalità:
a) lavaggio della perforazione con acqua dolce pulita;
b) preparazione dei componenti le aste di misura e della guaina di protezione (tubo antiattrito) in spezzoni di lunghezza idonea a realizzare l'installazione;
c) montaggio dell'elemento di fondo composto da: ancoraggio di fondo, primo elemento della guaina di protezione (dotata dell'elemento di tenuta idraulica) e dalla prima asta di misura;
d) preparazione dei materiali necessari all'installazione: miscela cementizia, tubo di iniezione, materiale di riempimento, materiali isolanti per la giunzione delle guaine;
e) fissaggio all'ancoraggio del tubo di iniezione;
f) inserimento dell'ancoraggio nella perforazione e suo approfondimento fino a fondo foro, aggiungendo progressivamente spezzoni di aste di misura e di guaina di protezione;
g) cementazione dell'ancoraggio, rimozione del tubo di iniezione;
h) riempimento della perforazione con materiale idoneo;
i) installazione della testa di misura;
j) montaggio del trasduttore di spostamento o del comparatore centesimale.

Nei 5 giorni successivi all'installazione deve essere eseguita almeno 1 lettura al giorno al fine di controllare che i cedimenti conseguenti all'installazione non siano di entità tale da ridurre il campo di misura al di sotto del valore minimo previsto per i cedimenti a lungo termine. Eventualmente si deve procedere ad un "recupero" della corsa dello strumento interponendo tra la testa di misura ed il trasduttore di spostamento appositi distanziatori.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Per un estensimetro multibase la posa in opera dello strumento deve avvenire secondo la procedura di seguito elencata:

a) lavare la perforazione con acqua dolce pulita;
b) calzare uno spezzone di tubo di para (15 cm circa) sul codolo dell'ancoraggio inferiore fascettandolo;
c) avvitare il primo spezzone dell'asta di misura all'ancoraggio inferiore;
d) calzare un manicotto sul terminale dell'asta di misura a cavallo della guaina di protezione, premontata sull'asta di misura;
e) avvitare un altro spezzone di asta di misura;
f) fissare sulle aste cosi preparate un tubo di plastica per la cementazione, fissandolo con nastro in più punti;
g) ripetere le operazioni fin qui descritte per le eventuali altre basi estensimetriche di misura;
h) inserire le aste nel foro di perforazione, eventualmente sostenendole;
i) proseguire con il prolungamento dello strumento direttamente in foro, inserendo ad intervalli di circa due-tre metri i centratori ed alternando a questi robuste nastrature;
j) riprendere le operazioni fino a completare l'installazione;
k) lasciare che l'estensimetro sporga di circa un metro dalla boccaforo;
l) montare su ogni base l'ancoraggio superiore;
m) applicare uno strato di cemento a presa rapida intorno alla bocca del foro e quindi posizionare la testa dello strumento a contatto con la parete, inserendo i bulloni nelle apposite sedi;
n) fissare la testa di misura alla parete serrando i bulloni;
o) svitare i tappi di protezione dei raccordi di iniezione (maschi 3÷6") e collegarsi ai raccordi di utilizzo con la tubazione di mandata della miscela cementizia. Per la cementazione sono previsti due metodi esecutivi in funzione della posizione dello strumento stesso:
   - per estensimetri installati verso l'alto, l'iniezione deve procedere dal tubetto più corto fino a quello più lungo. L'iniezione dall'interno del primo tubetto deve proseguire fino al momento in cui fuoriesce malta dal tubetto intermedio; quindi si deve riprendere l'iniezione da quest'ultimo, dopo avere rimesso il tappo a quello precedente, fino alla fuoriuscita di malta dal tubetto più lungo;
   - per estensimetri installati verso il basso, si deve procedere iniettando la malta cementizia dal tubetto più lungo. In questo caso, se non si verificano inconvenienti durante l'iniezione si deve vedere fuoriuscire malta, contemporaneamente dagli altri due tubetti.

E' buona norma non iniettare a pressioni superiori a quelle necessarie al riempimento del foro, onde evitare l'apertura di eventuali fratture esistenti.

Terminata la cementazione si dovranno richiudere tutti i raccordi di iniezione con i relativi tappi e attendere che la miscela faccia presa.

Il montaggio degli strumenti deve ancora essere preceduto dalla regolazione fine della lunghezza di ciascuna base estensimetrica, in modo da ottenere una misura di riferimento prestabilita (es. metà corsa del comparatore o del trasduttore); le operazioni di regolazione devono essere effettuate nel seguente modo:

- svitare il tappo di protezione della base;
- montare lo strumento di misura (trasduttore elettrico o comparatore meccanico) ed effettuare la lettura;
- smontare lo strumento e regolare la posizione della vite sull'astina di riferimento. In questa fase, si presti attenzione a non applicare sforzi di compressione sull'astina;
- rimontare lo strumento e controllare che la misura sia quella desiderata: se così non è, ripetere le operazioni.

E' bene effettuare la vera misura iniziale "di zero" a completa maturazione della malta di iniezione. Se necessario, la posizione delle astine può essere ancora ripresa. Nel caso di utilizzo di trasduttori elettrici (fissi), l'installazione dell'estensimetro deve essere ultimata montando sulla testa la custodia cilindrica di protezione meccanica, non necessaria invece nel caso di comparatore centesimale (removibile).

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Se lo strumento di misura è costituito da un comparatore meccanico rimovibile, si dovrà controllarne la taratura, prima di ogni campagna di misure di esercizio, utilizzando l'apposita dima (in dotazione).

Il montaggio e l'installazione degli estensimetri con basi in fibra di vetro deve avvenire seguendo le modalità indicate dal Fornitore. In generale, comunque, poiché le basi devono essere realizzate in elementi di lunghezza prefissata, pari alla profondità di installazione, le operazioni consistono nell'assemblaggio di vari componenti a piè d'opera e nell'inserimento dello strumento nel foro di perforazione.

C. Misure

Le letture manuali con il comparatore consistono nella annotazione sul foglio di lettura del valore indicato dallo strumento.

Periodicamente, ogni 15 giorni o ogni mese a seconda della frequenza di lettura, si deve togliere la protezione della testa di riferimento dell'estensimetro e procedere all'esecuzione di un controllo funzionale del comparatore con le seguenti operazioni:

- sollevare l'astina di riferimento del comparatore per alcuni millimetri (< 5 mm) e lasciarla liberamente, verificando che il valore indicato sia sempre compreso in un intervallo compatibile con la precisione dello strumento;
- interporre tra l'astina del comparatore ed il riferimento di misura uno spessore calibrato (2÷3 mm) e controllare la precisione con cui il comparatore misura tale spessore;
- confrontare tale valore con quello del controllo precedente.

Le letture manuali con comparatore devono essere eseguite secondo le seguenti modalità:

- verificare il valore di riferimento del comparatore (valore di zero) mediante l'apposita dima di riscontro ed annotare il valore;
- posizionare il comparatore sulla base di misura ed annotare il valore indicato;
- rimuovere il comparatore e ripristinarlo sulla base; annotare il nuovo valore. Verificare la corrispondenza delle due letture. In caso di divergenza superiore a 0,1 mm verificare che non vi sia presenza di sporco sul comparatore o sulla base e che i riferimenti di misure siano integri e correttamente montati. Quindi ripetere la misura fino a che non si ottengono valori ripetitivi.

Le letture automatiche con trasduttore elettrico dovranno prevedere le seguenti modalità operative:

a) accendere la centralina e verificarne il valore di zero;
b) spegnere la centralina;
c) collegare la centralina al terminale di lettura e accenderla;
d) attendere che il valore evidenziato sul display si stabilizzi e comunque per il tempo minimo eventualmente indicato nel manuale d'uso;
e) annotare il valore rilevato sull'apposito modulo di lettura che deve contenere anche la lettura precedente.

Per la lettura dei trasduttori di spostamento devono essere utilizzate centraline di lettura aventi le seguenti caratteristiche tecniche minime:

- Display: 4 1/2 digits - LCD
- Risoluzione: 1 digit
- Precisione tipica: % 2 digits
- Coefficiente di deriva termica: ≤ 0,3 digit/°C
- Temperatura di utilizzo: 0÷50°C
- Grado minimo di protezione: IP64
- Connettori: stagni IP65

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- Alimentazione: con batterie interne ricaricabili
- Autonomia: min. 10 ore

Documenti da consegnare.

Per ogni estensimetro attrezzato per letture dirette dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

a) immediatamente dopo ogni misura, a richiesta delle Ferrovie, una copia dei dati originali di campagna;
b) entro 15 giorni dall'esecuzione delle misure una relazione con la documentazione relativa alla misura effettuata, cosi composta:
   - dati di individuazione dell'estensimetri oggetto della misura;
   - data ed ora di effettuazione della misura;
   - indicazione delle temperature medie esterne, dell'estensimetro e della roccia al momento della lettura;
   - lista dei dati originali rilevati in campagna;
   - elaborazione e graficizzazione dei dati rispetto alla lettura di riferimento;
   - indicazione di eventuali correzioni effettuate per l'eliminazione per via analiticointerpretativa degli errori sistematici.
   - copia dei dati caratteristici della strumentazione (estensimetri a barre) forniti da costruttore ed eventuali tarature
c) entro trenta giorni dall'esecuzione dell'ultima serie di letture, una relazione conclusiva comprendente, oltre quanto sopra detto relativamente ad ogni singola lettura, elaborazioni e graficizzazioni comparative e riassuntive di tutte le misure effettuate.

Riferimenti normativi:

- ISRM (1978). Suggested Methods for Monitoring Rock Movements using Borehole Extensometers.

3.8.1.10 Installazione di estensimetro incrementale.

L'estensimetro incrementale è utilizzato per il rilievo delle deformazioni di un ammasso attraverso la misura di precisione, lungo l'asse di un foro, degli spostamenti assiali relativi di una serie di basi di misura generalmente poste ad intervallo di 1 m.

L'estensimetro incrementale può essere ad accoppiamento meccanico o ad accoppiamento elettromagnetico.

A. Strumentazione

Il sistema in generale è costituito da:
- tubo guida ed anelli di riferimento;
- un set di aste e di accessori per il posizionamento della sonda nel foro;
- una sonda estensimetrica portatile completa di cavo;
- una centralina di controllo e di lettura.

L'estensimetro incrementale ad accoppiamento elettromagnetico si basa sull'induzione elettromagnetica tra le bobine ad altissima precisione di una sonda di misura che passa attraverso anelli di riferimento in ottone fissati all'esterno dei tubi guida e cementati alle pareti del foro.

L'estensimetro ad accoppiamento meccanico si basa su un preciso accoppiamento cono-sfera tra una sonda removibile dotata di un trasduttore lineare di spostamento tipo LVDT e una serie di riscontri di misura alloggiati in una tubazione in PVC e cementati alle pareti di un foro di sondaggio.

A.1. Tubo guida ed anelli di riferimento

Nell'estensimetro ad accoppiamento elettromagnetico (tipo Increx) il tubo guida è di tipo inclinometrico ed è costituito

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

da un tubo scanalato in ABS all'esterno del quale vengono posizionati gli anelli di riferimento, magnetici, in metallo speciale (ottone) resi solidati al terreno mediante cementazione.

Il tubo guida dovrà avere uno spessore di almeno 0,5 cm con un diametro esterno adeguato al diametro del foro ed alle dimensioni della sonda di lettura (per es.: diametro esterno 70 mm e interno 60 mm con sonda da 46 mm).

Il posizionamento degli anelli di riferimento al tubo guida deve avvenire mediante una dima di precisione in modo tale che la distanza tra due anelli contigui sia precisamente pari a 1000 mm (1 metro).

Il fissaggio degli anelli deve essere tale da garantire il mantenimento della loro posizione nella fase di installazione dell'estensimetro e nello stesso tempo deve permettere lo scorrimento degli anelli stessi per seguire le deformazioni dell'ammasso circostante nella fase di esercizio.

Nell'estensimetro ad accoppiamento meccanico (tipo Sliding deformeter/Trivec) il tubo in PVC è munito, ogni metro, di ancoraggi anulari in ABS che sono collegati telescopicamente e sono resi solidai al terreno mediante iniezioni di malta cementizia.

Gli ancoraggi anulari sono dotati di una sede conica che permette l'accoppiamento meccanico con le due teste sferiche della sonda estensimetrica, previa rotazione di 45° della sonda stessa.

All'interno della sonda un trasduttore di spostamento di tipo potenziometrico permette di rilevare gli spostamenti relativi tra due ancoraggi successivi.

Nel caso di impiego di una sonda di lettura tipo Trivec devono essere seguite, a ciascun livello di misura, almeno due letture: la prima nella posizione di blocco iniziale della sonda e la seconda dopo una rotazione di 180° della sonda stessa.

A.2. Aste per il posizionamento della sonda

Le aste in genere hanno una lunghezza unitaria pari a 2 m e diametro adeguato alle dimensioni della sonda utilizzata.

La giunzione dei diversi segmenti di aste dovrà permettere il perfetto posizionamento della sonda estensimetrica all'interno del tubo guida.

In presenza di assestimetri di lunghezza superiore a 30 m è consigliabile l'impiego di un argano a supporto delle aste guida.

A.3. Sonda estensimetrica

Le caratteristiche tecniche minime di base della sonda dovranno essere le seguenti:

- base di misura : 1 m
- campo di misura: ± 5 mm; ± 10 mm; ± 20 mm
- precisione: ±0,02 mm
- sensibilità: 0,001 ÷ 0,01 mm
- campo di temperatura: - 5° ÷ + 50° C

La sonda estensimetrica tipo Trivec, oltre la deformazione assiale, deve permettere il rilievo delle deformazioni in due direzioni ortogonali all'asse del foro e dovrà possedere le seguenti caratteristiche minime:

- base di misura: 1 m
- micrometro:
  - campo di misura: ± 20 mm (± 10 mm)
  - precisione: ±0,003 mm
  - sensibilità: 0,001 mm

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- inclinometro:
  - campo di misura: ± 14,5° (rispetto alla verticale)
  - precisione: ±0,05 mm/m
  - sensibilità: 0,005 mm (1°)
  - campo di temperatura: - 5° ÷ + 50° C

A.4. Centralina e cavo di misura

La centralina di misura dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- lettura massima: 19999 digits
- temperatura operativa: - 5° ÷ + 70° C
- batterie: 12 V - 5,7 Ah

Le batterie dovranno essere preferibilmente di tipo ricaricabile e dovranno avere un tempo di operatività di almeno 5 ÷ 10 ore.

Il cavo elettrico di collegamento tra la sonda estensimetrica e la centralina di misura dovrà essere costituito da rame perfettamente isolato con rivestimento in poliuretano e con protezione in kevlar.

Pur possedendo caratteristiche di inestensibilità o comunque di ridotta estensibilità, il cavo elettrico non dovrà essere utilizzato per il posizionamento della sonda nei tubi guida scanalati onde evitare al massimo errori di lettura.

B. Modalità esecutive

Le operazioni di montaggio ed installazione della colonna estensimetrica incrementale richiedono una particolare cura in quanto da esse dipende la possibilità di interpretare in modo corretto i dati numerici desunti dalle letture.

L'installazione deve quindi essere eseguita avendo cura di quanto segue:

- evitare effetti spirale inducendo torsioni alle tubazioni;
- salvaguardare la tubazione da ammaccature, sforzi ecc.;
- accoppiare la tubazione al terreno lungo tutto il suo sviluppo mediante cementazione con miscela adeguata alle caratteristiche dei terreni circostanti.

In linea generale si dovrà operare come segue:

- lavare accuratamente il foro di sondaggio con acqua pulita;
- a seconda della profondità di progetto alla quale andrà installato lo strumento, e quindi del foro, preparare un numero adeguato di tubi;
- preparare il materiale di consumo occorrente quale dima per anelli di riferimento, rivetti, mastice, nastro, rivettatrice, trapano, cacciavite ecc. e quant'altro necessario per realizzare correttamente la colonna assestimetrica;
- assemblare sulla parte terminale della prima barra di tubo mediante rivetti e mastice il tappo di fondo completo di anello per il fissaggio della fune di supporto della colonna, che dovrà essere montata nel caso d'installazione verticale verso il basso;
- disporre un terminale di testa completo di flangia di fissaggio, sistema di ancoraggio e tappo filettato di chiusura;
- negli assestimetri tipo Increx, partendo dal primo spezzone di tubo, montare, coassialmente ad esso, il primo anello di riferimento partendo da 50 cm di distanza rispetto al fondo tubo e fissarlo mediante viti; proseguire, mediante l'uso della dima (che dovrà essere montata sempre a cavallo dei due anelli di

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

riferimento), posizionando il secondo anello di riferimento e fissarlo alla tubazione mediante le viti e così a seguire;

- nel caso di installazione verticale verso il basso, montare sul terminale del tappo di fondo una fune di nylon o similare (non metallica) di lunghezza adeguata alla profondità di posa del tubo per il supporto della colonna durante le fasi di montaggio della stessa;
- qualora il foro sia pieno d'acqua, si dovrà riempire con acqua pulita il tubo in modo da contrastare la sottospinta;
- al termine dell'installazione della colonna estensimetrica incrementale, essa deve essere collegata e resa solidale al terreno mediante cementazione da eseguire a bassa pressione (< 2 bar); l'accurato intasamento dell'intercapedine dal fondo della colonna viene realizzato per mezzo di una boiacca cementante la cui composizione va attentamente valutata in relazione alle caratteristiche dei terreni circostanti; in situazioni del tutto particolari, qualora la boiacca cementante tendesse a disperdersi a causa di fratture, l'intasamento può ottenersi versando ghiaietto calibrato (∅ 2-4 mm), o sabbia monogranulare, da addensarsi per caduta mediante la percolazione di acqua introdotta dall'alto; l'intasamento della intercapedine con boiacca può essere ottenuto mediante tubetto volante montato esternamente alla tubazione, per garantire una perfetta cementazione della colonna dal fondo del tubo alla superficie; l'intasamento con boiacca ha il vantaggio di consentire di estrarre il rivestimento provvisorio se presente in un unica manovra alla fine della iniezione; in ogni caso il rivestimento di perforazione dovrà essere estratto operando solamente a trazione e senza rotazione; l'intasamento con ghiaietto o sabbia, in preforo rivestito e con acqua, è piuttosto lento dovendo attendere ogni volta la decantazione del materiale fino sotto la scarpa prima di procedere ad estrarre ogni successivo spezzone della camicia provvisoria;
- accurato lavaggio con acqua pulita dell'interno del tubo inclinometrico;
- installazione a testa foro di un chiusino di protezione, cementato al terreno, e provvisto di una chiusura con lucchetto e chiavi.

C. Misure

La lettura di "zero" dovrà essere eseguita non prima di 10 giorni dalla cementazione dei tubi di misura.

Prima di ogni serie di misure ed al termine di essere dovrà essere effettuata una misura di calibrazione con l'apposito dispositivo di taratura.

Prima dell'inizio delle misure la sonda di lettura dovrà raggiungere l'equilibrio termico all'interno del foro (in genere 30 minuti); le misure dovranno essere ripetute almeno due volte lungo la stessa verticale ed i valori ottenuti dovranno essere mediati.

Nell'estensimetro tipo Increx la misura dovrà essere eseguita in risalita secondo le seguenti fasi:

- inserimento della sonda nel tubo guida e approfondimento della stessa fino a fondo foro;
- attesa della completa stabilizzazione della sonda nei confronti della temperatura di fondo foro;
- esecuzione delle letture in risalita ad intervalli di 1 m regolando la posizione della sonda in corrispondenza degli anelli di riferimento attraverso la testa di bloccaggio.

Nell'estensimetro tipo Sliding Deformeter la misura dovrà rispettare la seguente procedura:

- inserimento della sonda nel tubo guida in posizione di movimento ed abbassamento della stessa fino a superare il primo riscontro di misura;
- rotazione della sonda di 45° e sollevamento della stessa fino a completo bloccaggio nel riscontro di misura;
- esecuzione della misura e ripetizione della procedura fino a fondo foro;
- ripetizione delle misure in risalita.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Nell'estensimetro tipo Trivec la misura dovrà rispettare la seguente procedura:

- inserimento della sonda nel tubo guida in posizione di movimento ed abbassamento della stessa fino a superare il primo riscontro di misura;
- rotazione della sonda di 45° e sollevamento della stessa fino a completo bloccaggio nel riscontro di misura;
- esecuzione della lettura estensimetrica (componente di spostamento z) e della prima lettura inclinometrica (componenti x e y);
- ripetizione delle misure inclinometriche in corrispondenza dello stesso riscontro a 90°, 180° e 270° rispetto alla guida di riferimento iniziale e riposizionamento della sonda in corrispondenza della guida principale;
- abbassamento della sonda fino a superare il secondo riscontro di misura;
- ripetizione della procedura fino a fondo foro;
- ripetizione delle misure in risalita.

Documenti da consegnare.

Per ogni sistema di estensimetri attrezzato per letture dirette dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

a) immediatamente dopo ogni misura, a richiesta delle Ferrovie, una copia dei dati originali di campagna;
b) entro 15 giorni dall'esecuzione delle misure una relazione con la documentazione relativa alla misura effettuata, cosi composta:
   - dati di individuazione dell'estensimetro oggetto della misura con schema geometrico;
   - data ed ora di effettuazione della misura;
   - indicazione delle temperature medie esterne, dell'estensimetro e della roccia al momento della lettura;
   - lista dei dati originali rilevati in campagna;
   - elaborazione e graficizzazione dei dati rispetto alla lettura di riferimento;
   - indicazione di eventuali correzioni effettuate per l'eliminazione per via analitico-interpretativa degli errori sistematici.
   - copia dei dati caratteristici della strumentazione (estensimetro incrementale) fornita dal costruttore ed eventuali tarature
c) entro trenta giorni dall'esecuzione dell'ultima serie di letture, una relazione conclusiva comprendente, oltre quanto sopra detto relativamente ad ogni singola lettura, elaborazioni e graficizzazioni comparative e riassuntive di tutte le misure effettuate.

3.8.1.11 Installazione di estensimetro a corda vibrante o di tipo resistivo (barretta estensimetrica)

Gli estensimetri a corda vibrante o di tipo resistivo sono utilizzati per misurare le deformazioni e lo stato di sollecitazione in strutture quali pali di fondazione, rivestimenti di gallerie, opere in terra ed edifici ecc..

A. Strumentazione

Gli estensimetri possono essere a corda vibrante o di tipo resistivo.

L'estensimetro a corda vibrante è costituito da una corda d'acciaio tesa tra due blocchetti che sono fissati o annegati nella struttura da tenere sotto controllo.

Le due estremità della corda devono essere ancorate in modo tale da assicurare una stabilità costante a lungo termine.

In prossimità della corda è presente una bobina elettromagnetica che produce delle vibrazioni convertite in segnali elettrici di corrente alternata; la frequenza di tali segnali elettrici risulta inversamente proporzionale alla lunghezza della corda.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Il cambiamento dello stato di sforzo della struttura sotto controllo provoca una variazione della lunghezza della corda e di conseguenza una variazione della frequenza del segnale che sarà misurato in microstrain per mezzo di una apposita centralina di lettura digitale.

L'estensimetro a corda vibrante può essere di due tipi:

Estensimetro a c.v. per saldatura

L'estensimetro è in acciaio inox con un tubicino protettivo mobile assicurato da un O-ring. Una molla interna tiene la corda ad una tensione iniziale il cui valore, di norma, è a metà del campo di misura dello strumento ma può essere facilmente modificato nel corso dell'installazione agendo su una apposita vite di regolazione.

Viene impiegato per applicazioni su elementi di acciaio o su barre di armatura mediante blocchetti di montaggio.

Estensimetro a c.v. per annegamento in calcestruzzo

Utilizzato per misurare le sollecitazioni nel calcestruzzo, questo estensimetro è dotato di ancoraggi piatti alle due estremità. E' possibile, tuttavia, gettare l'estensimetro in briquette di calcestruzzo che, oltre a proteggerlo, dovranno consentire di incorporare l'apparecchiatura nella struttura sotto controllo; in alternativa, tali estensimetri, se richiesto dalle Ferrovie, dovranno essere gettati in opera.

L'estensimetro a c.v. dovrà presentare le seguenti caratteristiche minime:

- Lunghezza della corda: 50, 150 ÷ 250 mm
- campo di rilievo: ± 1500 microstrain
- sensibilità: 1,0 microstrain
- frequenza di zero tipica: 800 Hz
- resistenza della bobina: 150 ohm
- temperatura di esercizio: -20° ÷ +80° C

L'estensimetro a c.v. dovrà essere dotato di un sensore integrato per il contemporaneo rilievo della temperatura della struttura sotto controllo. Tale temperatura dovrà essere letta nella centralina di lettura.

L' estensimetro di tipo resistivo (barretta estensimetrica) è costituito essenzialmente da un conduttore elettrico che a seguito di una deformazione provoca una variazione di resistenza proporzionale alla deformazione stessa.

Gli accorgimenti costruttivi della barretta estensimetrica devono prevedere le compensazioni per gli effetti delle deformazioni radiali e di quelli termici. In pratica, quindi, l'estensimetro resistivo è costituito da una asta in acciaio che in una data sezione è sensibilizzata con quattro estensimetri collegati a ponte Wheatstone così che due risultino con l'asse orientato per misurare le deformazioni e due risultino di compensazione.

L'estensimetro resistivo dovrà presentare le seguenti caratteristiche minime:

- Uscita nominale: 2 mV/V f.s.
- Impedenza di ingresso: ~ 350 ohm
- Impedenza d'uscita: ~ 350 ohm
- campo di rilievo: ± 1500 microstrain
- tensione di eccitazione: max. 10 V
- frequenza di zero tipica: 800 Hz
- temperatura di esercizio: -5° ÷ +65° C

B. Installazione

Le modalità di installazione variano in funzione del tipo di estensimetro adottato.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Negli estensimetri installati per saldatura si dovrà adottare la seguente procedura di massima:

- pulire accuratamente la superficie di saldatura rimuovendo l'eventuale ruggine con una levigatrice o carta smerigliata;
- eliminare eventuali irregolarità nella superficie e/o tracce di grasso;
- segnare esattamente la posizione di saldatura;
- eseguire la saldatura;
- verificare che la saldatura sia stata effettuata a perfetta regola d'arte secondo i criteri della normativa vigente.

Quando si saldano gli estensimetri resistivi ai ferri di armatura è necessario avvolgere la barretta estensimetrica con uno straccio bagnato per contrastare la propagazione del calore verso il ponte estensimetrico.

Negli estensimetri installati per annegamento nel calcestruzzo la procedura di massima è la seguente:

- realizzare una struttura metallica di dimensione idonea;
- fissare l'estensimetro alla struttura metallica per mezzo di fil di ferro non troppo tesato;
- rivestire con nastro auto vulcanizzante i due punti di contatto dell'estensimetro con il fil di ferro;
- posizionare la struttura secondo la direzione desiderata ed in maniera da renderla stabile durante il getto di calcestruzzo.

E' possibile annegare l'estensimetro direttamente nel calcestruzzo senza gabbia quando si ha la certezza che la sua orientazione risulterà corretta.

E' buona regola proteggere l'estensimetro con una scatola metallica da fissare alla struttura sotto controllo con bulloni posizionati a debita distanza dall'estensimetro per non falsare le letture.

Gli estensimetri dovranno essere collegati alla centralina di lettura per mezzo di cavi la cui lunghezza deve essere adeguatamente prevista in fase di programmazione dell'installazione delle apparecchiature allo scopo di evitare, successivamente, di ricorrere a giunzioni o prolunghe. Ciascun cavo dovrà essere dotato, all'estremità esterna, di una targhetta identificativa chiaramente leggibile anche durante l'esercizio.

C. Misure

La procedura di lettura dovrà essere la seguente:

a) accendere la centralina e verificarne il valore di zero; spegnere la centralina;
b) collegare la centralina al terminale di lettura e accenderla;
c) attendere che il valore evidenziato sul display si stabilizzi e comunque per il tempo minimo eventualmente indicato nel manuale d'uso;
d) annotare il valore rilevato sull'apposito modulo di lettura che deve contenere anche la lettura precedente.

Documenti da consegnare.

Per ogni sistema di estensimetri attrezzato per letture dirette dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

a) immediatamente dopo ogni misura, a richiesta delle Ferrovie, una copia dei dati originali di campagna;
b) entro 15 giorni dall'esecuzione delle misure una relazione con la documentazione relativa alla misura effettuata, così composta:
   - dati di individuazione dell'estensimetro oggetto della misura e schema geometrico adottato, marca, modello ed eventuale numero di matricola;
   - data ed ora di effettuazione della misura;
   - indicazione delle temperature medie esterne, dell'estensimetro e della roccia al momento della lettura;
   - lista dei dati originali rilevati in campagna;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- elaborazione e graficizzazione dei dati rispetto alla lettura di riferimento;
- indicazione di eventuali correzioni effettuate per l'eliminazione per via analitico-interpretativa degli errori sistematici.

c) entro trenta giorni dall'esecuzione dell'ultima serie di letture, una relazione conclusiva comprendente, oltre quanto sopra detto relativamente ad ogni singola lettura, elaborazioni e graficizzazioni comparative e riassuntive di tutte le misure effettuate.

3.8.1.12 Installazione di fessurometro meccanico tridirezionale.

Il fessurometro tridirezionale è di norma installato a cavallo di lesioni o fratture in corrispondenza di pareti rocciose o in strutture in calcestruzzo e/o muratura al fine di verificarne l'evoluzione nel tempo secondo tre direzioni ortogonali di spostamento.

A. Strumentazione

Il fessurometro è formato essenzialmente dai seguenti elementi:

- telaio in acciaio inox suddiviso in due elementi, da installare ai due lati opposti della discontinuità, sagomati in modo tale da poter inserire il comparatore meccanico ed effettuare le misure secondo le tre direzioni x, y e z;
- staffe di ancoraggio;
- comparatore a lettura manuale con le seguenti caratteristiche minime:
  - risoluzione pari ad almeno 0,01 mm
  - campo di misura minimo = 0-50 mm
  - precisione di misura minima = 0,02-0,05 mm

Lo strumento deve permettere di eseguire le letture anche con trasduttori elettrici mediante unità di lettura portatile o con registrazione automatica dei dati.

B. Modalità esecutive

Per il montaggio dello strumento si dovrà procedere nel seguente modo:

- pulizia, asportazione delle asperità e regolarizzazione della superficie di installazione;
- perforazione dei fori di ancoraggio posizionati mediante l'impiego della dima di riferimento o della sagoma di assemblaggio dello strumento;
- inserimento del tassello o del dado di ancoraggio e cementazione dello stesso;
- verifica della cementazione e rimozione della dima/sagoma;
- collegamento dello strumento agli ancoraggi.

La lunghezza dei fori ed il diametro delle staffe di ancoraggio dovranno essere tali da garantire un fissaggio stabile e durevole nel tempo.

La posizione delle staffe di ancoraggio deve essere preferibilmente simmetrica rispetto alla discontinuità.

C. Misure

La misura di "zero" dovrà essere eseguita subito dopo l'installazione della strumentazione dopo avere raggiunto il necessario equilibrio termico con l'ambiente circostante.

In corrispondenza di ogni misura, sia di taratura che operativa, dovrà essere rilevata la temperatura dell'aria, del fessurometro nonché della roccia o della struttura su cui è ancorato lo strumento.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La restituzione dei dati elaborati dalle misure dovrà permettere la ricostruzione dell'andamento delle tre direzioni di spostamento nel tempo; in pratica dovrà essere possibile rilevare l'apertura, lo scorrimento relativo e l'abbassamento delle due parti della lesione o frattura sotto controllo.

Documenti da consegnare.

Per ogni fessurometro installato per letture dirette dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

a) immediatamente dopo ogni misura, a richiesta delle Ferrovie, una copia dei dati originali di campagna;
b) entro 15 giorni dall'esecuzione delle misure una relazione con la documentazione relativa alla misura effettuata, così composta:
   - dati di individuazione del fessurometro oggetto della misura, indicazione delle sue caratteristiche (marca, modello, numero di matricola, precisione) ed indicazione dello schema geometrico di installazione;
   - data ed ora di effettuazione della misura;
   - indicazione delle temperature medie esterne, del fessurometro e della roccia al momento della lettura;
   - lista dei dati originali rilevati in campagna;
   - elaborazione e graficizzazione dei dati rispetto alla lettura di riferimento;
   - indicazione di eventuali correzioni effettuate per l'eliminazione per via analitico-interpretativa degli errori sistematici.
   - copia dei dati caratteristici della strumentazione (fessurometri meccanici) fornita da costruttore ed eventuali tarature
c) entro trenta giorni dall'esecuzione dell'ultima serie di letture, una relazione conclusiva comprendente, oltre quanto sopra detto relativamente ad ogni singola lettura, elaborazioni e graficizzazioni comparative e riassuntive di tutte le misure effettuate.

3.8.1.13 Installazione di fessurometro meccanico monodirezionale.

Il fessurometro monodirezionale è di norma installato a cavallo di lesioni o fratture in corrispondenza di pareti rocciose o in strutture in calcestruzzo e/o muratura al fine di verificarne l'evoluzione nel tempo lungo una sola direzione.

A. Strumentazione

Il fessurometro è formato essenzialmente dai seguenti elementi:

- due elementi in acciaio inox, da installare ai due lati opposti della discontinuità, sagomati a L in modo tale da poter inserire il comparatore meccanico ed effettuare le misure secondo una sola direzione;
- staffe di ancoraggio;
- comparatore a lettura manuale con le seguenti caratteristiche minime:
  - risoluzione pari ad almeno 0,01 mm
  - campo di misura minimo = 0-50 mm
  - precisione di misura minima = 0,02-0,05 mm

Lo strumento deve permettere di eseguire le letture anche con trasduttori elettrici mediante unità di lettura portatile o con registrazione automatica dei dati.

B. Modalità esecutive

Per il montaggio dello strumento si dovrà procedere nel seguente modo:

- pulizia, asportazione delle asperità e regolarizzazione della superficie di installazione;
- perforazione dei fori di ancoraggio posizionati mediante l'impiego della dima di riferimento o della sagoma di assemblaggio dello strumento;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- inserimento del tassello o del dado di ancoraggio e cementazione dello stesso;
- verifica della cementazione e rimozione della dima/sagoma;
- collegamento dello strumento agli ancoraggi.

La lunghezza dei fori ed il diametro delle staffe di ancoraggio dovranno essere tali da garantire un fissaggio stabile e durevole nel tempo.

La posizione delle staffe di ancoraggio deve essere preferibilmente simmetrica rispetto alla discontinuità.

C. Misure

La misura di "zero" dovrà essere eseguita subito dopo l'installazione della strumentazione nella direzione concordata con le Ferrovie dopo avere raggiunto il necessario equilibrio termico con l'ambiente circostante.

In corrispondenza di ogni misura, sia di taratura che operativa, dovrà essere rilevata la temperatura dell'aria, del fessurometro nonché della struttura su cui è ancorato lo strumento.

La restituzione dei dati elaborati dalle misure dovrà permettere la ricostruzione dell'andamento dello spostamento nel tempo evidenziando fenomeni di apertura, chiusura o spostamento dei lembi della fessura strumentata.

Documenti da consegnare.

Per ogni fessurometro installato per letture dirette dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

a) immediatamente dopo ogni misura, a richiesta delle Ferrovie, una copia dei dati originali di campagna;
b) entro 15 giorni dall'esecuzione delle misure una relazione con la documentazione relativa alla misura effettuata, cosi composta:
   - dati di individuazione del fessurometro oggetto della misura (marca modello ed eventuale numero di matricola, precisione);
   - data ed ora di effettuazione della misura;
   - indicazione delle temperature medie esterne, del fessurometro e della roccia al momento della lettura;
   - lista dei dati originali rilevati in campagna;
   - elaborazione e graficizzazione dei dati rispetto alla lettura di riferimento;
   - indicazione di eventuali correzioni effettuate per l'eliminazione per via analitico-interpretativa degli errori sistematici.
   - copia dei dati caratteristici della strumentazione (fessurometri meccanici) fornita dal costruttore ed eventuali tarature;
c) entro trenta giorni dall'esecuzione dell'ultima serie di letture, una relazione conclusiva comprendente, oltre quanto sopra detto relativamente ad ogni singola lettura, elaborazioni e graficizzazioni comparative e riassuntive di tutte le misure effettuate.

3.8.1.14 Installazione di fessurimetro con reticolo graduato.

Il fessurimetro con reticolo graduato è di norma installato a cavallo di lesioni o fratture in corrispondenza di pareti rocciose o in strutture in calcestruzzo e/o muratura al fine di verificarne l'evoluzione nel tempo.

A. Attrezzatura e modalità esecutive

Il fessurimetro è formato da due basette di resina, policarbonato o plastica, parzialmente sovrapposte e mobili.

La piastra superiore riporta un reticolo o riferimento cartesiano mentre quella inferiore presenta una scala calibrata in millimetri sia in senso orizzontale che in senso verticale e con l'azzeramento sulle quattro parti mediane.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Le piastrine devono essere fissate saldamente sulla parete o sulla struttura da monitorare attraverso l'utilizzo di resine epossidiche o per mezzo di sistemi di fissaggio meccanici (tasselli di plastica).

Il sistema di funzionamento consiste nel posizionare le basette a cavallo della lesione che si vuole misurare.

Nella fase di posizionamento iniziale il riferimento cartesiano coincide con gli assi del reticolo di misura.

La variazione di apertura della lesione, qualunque essa sia, viene misurata dalla posizione assunta dal reticolo rispetto a quella assunta dal riferimento.

La precisione di lettura deve essere pari ad almeno 1 mm mentre il campo minimo di lettura deve essere di ± 20 mm.

B. Misure

La misura di "zero" dovrà essere eseguita subito dopo l'installazione della strumentazione dopo avere raggiunto il necessario fissaggio.

Le successive misure saranno eseguite con una frequenza da concordare preventivamente con le Ferrovie.

Ogni misura deve riportare la lettura sull'asse delle x e sull'asse delle y.

La restituzione dei dati elaborati dalle misure dovrà permettere la ricostruzione dell'andamento dello spostamento nel tempo evidenziando fenomeni di apertura, chiusura o stabilità della fessura strumentata.

Documenti da consegnare.

Per ogni fessurimetro installato per letture dirette dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

a) immediatamente dopo ogni misura, a richiesta delle Ferrovie, una copia dei dati originali di campagna;
b) entro 15 giorni dall'esecuzione delle misure una relazione con la documentazione relativa alla misura effettuata, cosi composta:
   - dati di individuazione del fessurimetro oggetto della misura;
   - data ed ora di effettuazione della misura;
   - lista dei dati originali rilevati in campagna;
   - elaborazione e graficizzazione dei dati rispetto alla lettura di riferimento;
   - indicazione di eventuali correzioni effettuate per l'eliminazione per via analitico-interpretativa degli errori sistematici.
   - copia dei dati caratteristici della strumentazione (fessurometri con reticoli graduati) fornita dal costruttore ed eventuali tarature
c) entro trenta giorni dall'esecuzione dell'ultima serie di letture, una relazione conclusiva comprendente, oltre quanto sopra detto relativamente ad ogni singola lettura, elaborazioni e graficizzazioni comparative e riassuntive di tutte le misure effettuate.

3.8.1.15 Installazione di stazione di convergenza.

Le misure in una stazione di convergenza vengono eseguite per valutare la variazione di distanza tra una coppia di punti fissi in corrispondenza di scavi in sotterraneo o a cielo aperto o di pareti naturali in versanti rocciosi.

I sistemi di misura possono essere di tipo meccanico e di tipo ottico.

Il sistema di tipo meccanico prevede l'utilizzo di:

- distometro a nastro;
- bulloni di convergenza.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Il sistema di tipo ottico prevede l'impiego di:
- stazione topografica con funzione di teodolite e distanziometro;
- mire ottiche.

A. Attrezzatura

A.1. Distometro a nastro

Il distometro è costituito da:
- una bindella centimetrata in acciaio inox o invar montata su telaio ;
- un sistema meccanico di tensionamento;
- un comparatore (digitale o analogico) di lettura centesimale;
- un telaio di calibrazione.

Il distometro dovrà presentare le seguenti caratteristiche tecniche minime:
- campo di misura: 1,5÷15 m
  1,5 ÷ 30 m
- risoluzione: 0,01 mm
- precisione: 1*10-5 della distanza
- materiale del telaio misuratore: lega leggera o acciaio verniciato
- materiale bindella: acciaio inox - invar.

A.1.1. Bulloni di convergenza

I bulloni di convergenza (Ø ≥ 20 mm) sono realizzati in acciaio nervato con zincatura elettrolitica anticorrosione con testa filettata, protetta da un cappuccio protettivo in PVC, idonea all'aggancio del distometro.

I bulloni possono avere dimensioni differenti in funzione del diverso campo di applicazione (roccia, centine, muratura, calcestruzzo) ed essenzialmente si differenziano per le modalità di posa in opera in bulloni da cementare in apposito foro (roccia, cls, muratura) e bulloni da saldare (centine).

La lunghezza standard dei bulloni cementati è pari a 250 mm.

A.2. Stazione topografica

La stazione topografica deve svolgere contemporaneamente la funzione di teodolite di precisione e di distanziometro elettronico.

Il teodolite elettronico dovrà essere di elevata precisione e tale da garantire una precisione angolare almeno pari a +/- 1" (0,3 mgon) in conformità alle norme DIN.

Il distanziometro elettronico dovrà avere una precisione almeno pari a +/- (1 mm + 2 ppm).

La precisione del rilievo dovrà essere pari alla precisione minima strumentale incrementata del 10%.

A.2.1. Mira ottica

La mira ottica dovrà essere costituita o da una piastra in cui è montato almeno n. 1 target, in grado di ruotare di 360°, o da una testa cubica contenente la mira ottica su ciascuna faccia rilevabile.

La dimensione della mira ottica non dovrà essere inferiore a mm 30x30.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

B. Modalità esecutive e misure

B1. Bulloni

Normalmente in presenza di bulloni da cementare la sequenza operativa sarà la seguente:

a) perforazione mediante trapano di diametro e lunghezza adeguato al tipo di bullone adottato;
b) pulizia del foro con aria compressa , posizionamento e orientamento del bullone;
c) cementazione del bullone e relativa maturazione;
d) verifica della presa della cementazione;
e) numerazione dei bulloni;
f) esecuzione delle misure.

Il diametro della perforazione dovrà essere adeguatamente scelto in funzione delle dimensioni del bullone adottato per permettere una sigillatura totale del chiodo stesso.

Una volta eseguita la cementazione, utilizzando malte a presa rapida, si dovrà aspettare almeno 2 (due) ore prima di eseguire le misure per permettere la maturazione del legante.

Il bullone di convergenza potrà essere inserito nel foro secondo due schemi:

- con testa di misura esterna alla superficie di misura e protetta con cappellotto in plastica;
- con testa di misura all'interno della roccia o immersa nel calcestruzzo.

In entrambi i casi si dovrà sempre verificare che la parte filettata del bullone permetta la completa e libera battuta a fondo del giunto cardanico di collegamento della bindella a nastro.

Nel caso di testa di misura sporgente si dovrà verificare che la stessa non interferisca con il profilo degli ostacoli della linea.

In caso di impiego di bulloni saldati le fasi da a) a d) sono sostituite dall'operazione di saldatura che deve fissare il bullone in maniera salda alla struttura da monitorare e con la corretta orientazione.

La misura consiste nello stendere la bindella agganciandone le estremità, provviste di snodi sferici (giunto cardanico), su due bulloni di convergenza. Posizionato il distometro, si provvederà al tensionamento della bindella ed alla lettura meccanica o digitale sul comparatore.

Per ciascuna coppia di chiodi dovranno essere eseguite almeno tre letture adottando poi il valore medio delle stesse. Lo scarto ammissibile su lunghezze fino a 10 m è mediamente inferiore ai 10 centesimi di metro per una lettura orizzontale ed ai 15 centesimi di metro per una diagonale. Se il suddetto scarto risulta maggiore in una delle tre letture, si dovrà eseguire una quarta lettura e scartare il valore anomalo.

Prima di ogni serie di misurazioni dovrà essere eseguita la taratura dello strumento servendosi dell'apposito telaio di calibrazione in dotazione.

B2. Mire ottiche

La mira ottica dovrà essere installata, per mezzo degli adattatori previsti, su un bullone di convergenza oppure attraverso la saldatura diretta a strutture metalliche tipo centine; in ogni caso l'installazione della mira ottica deve essere tale da garantire la ripetibilità delle misure sempre con la stessa precisione.

Per l'installazione dei bulloni si dovranno seguire le prescrizioni sopra riportate. La mira ottica sarà fissata successivamente per mezzo di un adattatore con filettatura femmina, avvitandola a fondo.

Per le mire ottiche installate per saldatura si dovrà adottare la seguente procedura di massima:

- pulire accuratamente la superficie di saldatura rimuovendo l'eventuale ruggine con una levigatrice o carta smerigliata;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- eliminare eventuali irregolarità nella superficie e/o tracce di grasso;
- segnare esattamente la posizione della saldatura;
- eseguire la saldatura;
- verificare che la saldatura sia stata effettuata a perfetta regola d'arte secondo i criteri della normativa vigente.

Le mire in opera dovranno essere adeguatamente protette contro urti o danneggiamenti fortuiti.

Sempre allo scopo di garantire la ripetibilità delle misure con la stessa precisione la stazione topografica dovrà essere preferibilmente sistemata su un supporto fisso reso solidale alla parete della galleria (o della struttura da monitorare) ad una distanza massima non superiore a 100 m .

Nel caso in cui sia impossibile realizzare il supporto fisso, si dovrà cercare di posizionare lo strumento topografico in posizione tale da eseguire letture successive in posizioni simili rispetto alla sezione da monitorare.

La misura consiste nel rilevare la distanza lineare ed il relativo valore angolare per ciascuna mira ottica.

Documenti da consegnare.

Per ogni serie di misure dovranno essere forniti i seguenti elaborati:

a) Tabella di tutte le misure effettuate, delle medie calcolate e data dell'effettuazione delle letture;
b) Tabella riepilogativa di raffronto con le misure medie analoghe eventualmente rilevate in precedenza sulla medesima sezione;
c) Grafico riportante le risultanze delle elaborazioni delle serie di misure rilevate con l'indicazione delle date relativa a ciascuna di esse.
d) Schema geometrico con le posizioni di tutti i chiodi/mire ottiche.

3.8.1.16 Installazione di cella di pressione.

Le celle di pressione sono impiegate per il controllo delle pressioni totali nel terreno, nel calcestruzzo, nella roccia e nei punti di interfaccia tra i suddetti materiali.

A. Attrezzatura

La cella di pressione è costituita dai seguenti elementi:

- cella di pressione (piatto sensore);
- tubo idraulico di collegamento;
- trasduttore di pressione.

La cella di pressione (piatto sensore) è costituita da due sottile lastre in acciaio inossidabile saldate ai bordi al cui interno è contenuto un fluido in pressione, in genere olio disaerato sotto vuoto spinto, per ottenere la minima compressibilità dell'olio.

La pressione esercitata dal terreno agisce sull'elemento sensibile della cella e viene trasmessa mediante il fluido ad un trasduttore di pressione. Il trasduttore di pressione può essere di diversi tipi: meccanico, di tipo elettrico in corrente con uscita standard 4-20 mA oppure a corda vibrante.

La cella di pressione può essere di forma circolare, rettangolare o qualsiasi; in generale per misure in calcestruzzo si dovranno impiegare celle a forma rettangolare o quadrata, mentre per applicazioni in terreni sono preferibili celle circolari e rettangolari.

Il tipo di cella, inoltre, dovrà essere scelto in funzione del campo di pressione previsto in sito (0-5 MPa, o 0-20 MPa).

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Nel calcestruzzo dovranno essere impiegate celle di pressione dotate di valvola di ripressurizzazione al fine di poter ripressurizzare la cella se, a seguito della maturazione del calcestruzzo, si formano delle superfici di discontinuità tra il calcestruzzo e la cella stessa. Tale operazione di ripristino dovrà essere eseguita al termine del raffreddamento del calcestruzzo e con l'ausilio di una particolare attrezzatura di ricarica dotata di manometro.

B. Modalità esecutive e misure

Le modalità di installazione variano in funzione del tipo di struttura da monitorare e del tipo di terreno interessato dall'installazione.

B.1. Installazione in terreni

Se il terreno interessato non è uniforme e la posizione della cella è orizzontale si dovrà seguire la seguente procedura:

- preparare uno strato di sabbia di circa 10 cm, compattato a mano;
- posizionare la cella di pressione a contatto con lo strato di sabbia;
- ricoprire la cella con più strati di sabbia compattati a mano e con uguale densità, per uno spessore totale di 20 cm.

Se il terreno interessato è uniforme e la posizione della cella è orizzontale si dovrà procedere nel modo seguente:

- compattare a mano il terreno naturale;
- posizionare la cella di pressione;
- ricoprire la cella con il terreno naturale compattato a mano in modo uniforme.

La procedura descritta deve essere seguita anche in presenza di terreni coesivi.

In caso di installazioni verticali le procedure da seguire possono variare in base alla specificità delle situazioni. In generale comunque si dovrà procedere in modo tale da garantire il perfetto contatto tra le due facce della cella di pressione e il terreno circostante ricorrendo anche a preventive operazioni di compattazione manuale del terreno a contatto come nel caso della installazione orizzontale.

B2. Installazione al contatto roccia/rivestimento in galleria

La cella di pressione deve essere posizionata in modo tale da garantire un contatto perfetto ed il più possibile vicino alla superficie rocciosa.

La cella deve essere posizionata secondo la seguente procedura:

- pulizia e livellazione della superficie di applicazione;
- applicazione di un sottile strato di cemento a presa rapida alla parete rocciosa;
- posizionamento della cella utilizzando il telaio metallico saldato al contorno della cella stessa;
- ricoprimento della faccia a vista della cella di pressione con uno strato di malta.

Il tubo idraulico di collegamento e il trasduttore di pressione dovranno essere protetti in maniera adeguata per evitare un loro danneggiamento in fase di getto del calcestruzzo.

B3. Installazione entro il calcestruzzo

Per installazioni all'interno del rivestimento di una galleria, la cella di pressione può essere utilizzata per misurare sia le pressioni radiali sia quelle tangenziali.

Per la misura delle tensioni radiali si dovrà seguire la procedura indicata al punto B2 per installazioni al contatto roccia-rivestimento.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Per la misura delle tensioni tangenziali la cella deve essere posizionata inglobandola nel calcestruzzo, utilizzando il telaio metallico saldato al contorno, fissata all'armatura o ai rinforzi metallici del calcestruzzo o agli anelli di rinforzo della struttura oppure mediante supporti di legno fissati in appositi fori.

In ogni caso la cella di pressione dovrà essere ben fissata in maniera tale da non subire rotazioni o spostamenti durante la fase di getto del calcestruzzo.

Il tubo idraulico di collegamento con la centralina di lettura non deve subire stiramenti o schiacciamenti per cui è consigliabile collegare i tubi alle armature o ai rinforzi presenti ricoprendo i tubi stessi con un getto di malta.

Dopo qualche giorno dall'installazione della cella di pressione si dovrà verificare la continuità del contatto cella/rivestimento ed eventualmente procedere alla ripressurizzazione della cella.

Verificata la continuità del contatto cella/terreno (rivestimento), si procederà al precarico della cella eseguendo al termine della stessa una misura di controllo che comunque non deve essere presa come misura iniziale dal momento che la operazione di precarico della cella provoca una perturbazione nel sistema.

Sarà necessaria attendere alcune ore prima della stabilizzazione e comunque si consiglia di eseguire la misura iniziale ("zero") qualche giorno dopo il precarico della cella.

Documenti da consegnare.

Al completamento delle rilevazioni dovranno essere consegnati i seguenti documenti:

a) Grafico in scala opportuna riportante l'indicazione della posizione di ciascuna cella;
b) Elaborato grafico e tabellare riportante i valori rilevati e la relativa elaborazione;
c) Relazione riepilogativa con nota interpretativa delle misure rilevate.

Riferimenti normativi:

- ISRM (1980). Suggested Methods for Pressure Monitoring Using Hydraulic Cells, Document n° 6.

3.8.1.17 Installazione ed esecuzione di prova con martinetto piatto.

La prova misura la variazione dello stato tensionale in un volume limitato della roccia (o muratura, calcestruzzo) indotta da un taglio piano di piccole dimensioni eseguito perpendicolarmente alla parete rocciosa.

Dalla misura dello sforzo necessario a ripristinare le condizioni precedenti al taglio si ricavano lo stato di sollecitazione e le caratteristiche di deformabilità esistenti nella roccia o nella struttura nel punto di prova.

A. Attrezzatura

L'attrezzatura dovrà comprendere:

- sega circolare con disco diamantato, dotata di un sistema per il fissaggio alla parete e di una asta di guida per la realizzazione della fessura di prova; lo spessore del disco diamantato dovrà essere scelto in funzione dello spessore del martinetto piatto da alloggiare nella fessura;
- martinetto piatto, costituito da due lamine di acciaio saldate lungo il perimetro tra le quali viene immesso olio disaerato in pressione, in grado di consentire una deformazione pressoché parallela delle due lamine; lo spessore del martinetto dovrà essere compreso tra 4 e 6 mm in funzione della pressione massima applicabile durante la prova; la forma dovrà essere 'semicircolare' (con dimensioni di 350 x 260 mm, 325 x 120 mm) oppure, in alternativa, quadrata o rettangolare (con dimensioni minime pari ad almeno 400 x 200 mm); dimensioni diverse devono essere preventivamente approvate dalle Ferrovie;
- manometro o coppia di manometri con diverso fondo scala per la lettura della pressione, in grado di garantire una precisione di 0,1 MPa, o in alternativa trasduttore di pressione di medesima precisione;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- pompa idraulica per la messa in pressione del martinetto, in grado di mantenere la pressione costante per almeno 5 minuti;
- tubazione idraulica di collegamento;
- serie di basi di misura ed estensimetro meccanico rimovibile oppure trasduttori elettrici di spostamento, con una precisione minima di 0,01 mm.

L'utilizzo di attrezzature diverse da quelle specificate, dovrà essere sottoposto a preventiva autorizzazione da parte di Ferrovie.

B. Modalità esecutive

Tenuto conto delle dimensioni dei martinetti piatti di uso comune in Italia e considerando preferibile l'esecuzione del taglio di prova con attrezzatura che permetta l'inserimento del martinetto piatto senza dover ricorrere alla successiva cementazione, la prova dovrà essere eseguita in conformità a quanto riportato nel seguito.

La prova dovrà seguire la seguente procedura:

a) individuazione del punto di prova nella parete, pulizia e livellazione della superficie, evidenziazione della posizione del martinetto;
b) installazione sulla parete di almeno 12 basi di misura, disposte simmetricamente (6 per ogni lato) rispetto alla linea sulla quale si eseguirà il taglio, secondo 3 sezioni di misura ortogonali alla direzione di taglio, di cui una centrale e le altre due laterali e alla stessa distanza dalla prima (ad es. a L/4, dove L è la dimensione maggiore del martinetto); la distanza delle basi di misura dalla linea di riferimento invece potrà essere pari a L/2 e a L/4: ad es. per un martinetto di dimensioni 40 x 20 cm le basi di misura potranno essere disposte simmetricamente rispetto alla linea di riferimento ad una distanza di 10 cm e 20 cm e la distanza tra le sezioni di misura potrà essere di 10 cm; una diversa disposizione delle basi di misura deve essere preventivamente concordata con le Ferrovie;
c) misura delle distanze reciproche tra le basi installate (lettura "zero"), in corrispondenza delle diverse sezioni;
d) esecuzione di un taglio piano, normale alla parete, equidistante dalle basi di misura, di dimensioni tali da alloggiare il martinetto piatto; il taglio dovrà essere eseguito utilizzando una sega dotata di disco diamantato munita di un apposito telaio di guida, parallelo alla direzione di taglio;
e) misura della distanza tra le basi e registrazione dello spostamento delle stesse dopo l'esecuzione del taglio e del conseguente rilascio tensionale; la misura dovrà poi essere ripetuta ad intervalli regolari fino al raggiungimento della massima deformazione (creep);
f) dilatazione del martinetto, con incrementi di carico di 0,5 MPa, fino ad annullare per intero lo spostamento delle basi dovuto al taglio, annotando i diversi gradini di carico applicati ed i relativi spostamenti delle basi, fino a raggiungere il carico a cui corrisponde il ripristino della distanza tra le basi di misura che esisteva prima dell'esecuzione del taglio; il carico massimo andrà mantenuto per 15 minuti in modo da misurare la deformazione di creep, leggendo le deformazioni delle basi ogni 5 minuti; il carico deve quindi essere riportato a zero seguendo gli stessi gradini utilizzati precedentemente (decrementi di 0,5 MPa) e leggendo le deformazioni delle basi corrispondenti; anche la pressione nulla andrà tenuta per 15 minuti, leggendo le deformazioni delle basi ogni 5 minuti.

Se richiesto dalle Ferrovie la prova potrà essere integrata mediante l'esecuzione di altri cicli di prova a pressione crescente impiegando almeno 10 uguali incrementi tensionali per ciascun ciclo fino alla massima pressione raggiungibile, funzione del tipo di martinetto impiegato, delle caratteristiche di resistenza della roccia (o calcestruzzo/muratura) e della pressione di ripristino registrato nel primo ciclo.

Ciascun martinetto dovrà rimanere in posto, in piena funzionalità, per l'esecuzione di eventuali ulteriori prove di monitoraggio e rimarrà quindi di proprietà delle Ferrovie.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Su richiesta delle Ferrovie la prova potrà essere eseguita con due martinetti piatti paralleli per la determinazione delle caratteristiche di deformabilità e di resistenza a rottura.

La prova viene eseguita isolando nell'ammasso roccioso/nella muratura un campione della struttura in esame delimitato alle basi da due martinetti piatti collegati alla medesima pompa idraulica che trasmettono una sollecitazione compressiva all'elemento isolato.

Le basi di misura devono essere posizionate in modo da definire le caratteristiche meccaniche "medie" del campione di roccia o della struttura, rilevando le deformazioni longitudinali e trasversali.

In generale, si può assumere che la distanza tra i due martinetti sia pari alla dimensione massima del martinetto impiegato e che le basi di misura (nel campione isolato tra i due martinetti) siano disposte su tre file costituite rispettivamente da tre, due e tre riscontri; con tale disposizione si individuano tre basi di misura perpendicolari ai piani di taglio (deformabilità assiale) ed una base di misura parallelo ai piani di taglio (deformabilità trasversale).

I due martinetti, connessi in parallelo ad un unica unità idraulica di pompaggio, applicano al campione interposto uno stato di sollecitazione monoassiale attraverso l'esecuzione di un numero di cicli di carico/scarico, non inferiore a due (2), da concordare preventivamente con le Ferrovie, i cui livelli di sollecitazione dovranno essere scelti sulla base delle caratteristiche meccaniche della muratura o della roccia.

Dopo avere completato la prova di deformabilità, quando richiesto dalle Ferrovie, potrà essere incrementato il carico applicato sui martinetti per valutare la resistenza a rottura della muratura/della roccia.

Documenti da consegnare.

Al termine delle prove dovrà essere consegnata la seguente documentazione:

a) Relazione conclusiva contenente fra l'altro:
   - data, luogo, disposizione e numero delle prove e schema geometrico della prova;
   - documentazione fotografica delle varie fasi della prova compresa la situazione dopo il taglio e prima dell'applicazione del martinetto;
   - descrizione dei materiali che compongono le strutture esaminate con marca, modello ed eventuale numero di matricola;
   - descrizione e specifiche tecniche delle attrezzature utilizzate e relativa documentazione fotografica;
   - condizioni delle murature o dei terreni al termine delle prove;
   - valori dei carichi progressivamente applicati, misure di convergenza effettuate e relativi diagrammi sforzi-deformazioni;
   - tempo richiesto per lo svolgimento delle diverse fasi di prova;
   - valore dello stato di sollecitazione misurato e del modulo di deformabilità;
   - valori calcolati del modulo di deformabilità nei differenti intervalli di sollecitazione e resistenza a compressione stimata delle murature o delle rocce nelle prove con doppio martinetto;
   - metodo di calcolo adottato e fattori correttivi introdotti per la determinazione dello stato di sforzo e del modulo di elasticità;
   - copia del certificato di taratura dei manometri o traduttore di pressione e degli estensimetri rimovibili di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

Riferimenti normativi:

- ASTM D4729-87 (1997). Standard Test Method for In Situ Stress and Modulus of Deformation Using the Flatjack Method.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3.8.2 PROVE PENETROMETRICHE E DILATOMETRICHE CONTINUE

3.8.2.1 Prova penetrometrica statica eseguita con dispositivo a punta meccanica (CPT)

La prova consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni e caratteristiche standard, infissa a velocità costante (pari a 2 cm/sec ± 0.5 cm/sec) nel terreno tramite un dispositivo di spinta che agisce alternativamente su una batteria di aste esterna e su una interna, alla cui estremità inferiore è connessa la punta.

A. Attrezzatura

Le attrezzature richieste sono le seguenti:

- dispositivo di spinta;
- punta penetrometrica;
- aste;
- dispositivo di misura.

A1. Dispositivo di spinta

Deve essere usato un martinetto a comando idraulico in grado di esercitare la spinta richiesta (10 o 20 ton) sulla duplice batteria di aste.

La corsa deve essere pari a 1 m. La velocità di infissione della batteria di aste sarà di 2 cm/s (± 0,5 cm/s), costante nel corso della prova, indipendentemente dalla resistenza offerta dal terreno.

Il dispositivo di spinta deve essere ancorato e/o zavorrato in modo tale che non si muova, rispetto al piano di campagna, durante l'azione di spinta.

A.2. Punta penetrometrica

La punta conica telescopica può essere, entro certi limiti, infissa indipendentemente dalla batteria di aste esterne cave, con le seguenti dimensioni:

- diametro di base del cono dc: 35,7± 0,4 mm
- angolo di apertura del cono: 60°± 5°
- area della base del cono: 1000 mm²
- raggio della punta del cono: < 3 mm

La punta permetterà la misura di:

- resistenza alla punta qc
- resistenza per attrito laterale fs

La resistenza per attrito laterale viene rilevata per mezzo di un manicotto d'attrito con le seguenti caratteristiche:

- superficie laterale del manicotto: 150 cm² ± 2%
- diametro esterno manicotto ds: dc ≤ ds ≤ dc + 0,5 mm (dc = diametro della base del cono)

A.3. Aste

Devono essere utilizzate aste di tipo cavo con diametro esterno di 36 mm.

Le astine interne devono essere a sezione piena di diametro inferiore di 0,5÷1 mm rispetto a quello interno delle aste cave.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Eventuali anelli allargatori devono essere posizionati ad almeno 100 cm dalla base del cono.

A.4. Dispositivo di misura

Dovrà essere costituito da un manometro con fondo scala massimo pari a 10 MPa ed un altro con fondo scala superiore, collegati in modo tale che il primo sia escluso automaticamente dal circuito oleodinamico in caso di pressioni troppo elevate.

La precisione di lettura deve essere contenuta entro i seguenti limiti massimi:

- 5 % del valore misurato;
- 1 % del valore di fondo scala.

B. Tarature e controlli

Occorrerà verificare che all'interno delle aste cave, quando collegate fra loro, non ci siano sporgenze in corrispondenza della estremità filettata.

Le aste interne a sezione piena dovranno scorrere senza attriti all'interno delle aste cave.

Deve essere controllata periodicamente durante la prova la rettilineità delle aste di spinta, soprattutto per le 5 aste inferiori della batteria.

Periodicamente si deve controllare lo stato di usura della punta del cono, del manicotto di attrito e della prolunga della punta penetrometrica.

I manometri del dispositivo di misura dovranno essere corredati da un certificato di taratura rilasciato da un Ente o Società autorizzata, non anteriore a tre mesi dall'inizio della prova.

C. Modalità esecutive

Il penetrometro dovrà essere posizionato opportunamente in modo da garantire la verticalità della applicazione del carico.

La prova si eseguirà facendo avanzare le astine interne fino ad esaurire l'intera corsa della punta (4 cm) e della punta + manicotto (4 cm), misurando la pressione di spinta nel primo e nel secondo caso; si faranno quindi avanzare le aste cave fino alla chiusura della batteria telescopica (12 cm), misurando ed annotando la pressione totale di spinta.

Le misure di q_c ed f_s saranno discontinue, con annotazioni ogni 20 cm di penetrazione.

La prova sarà quindi eseguita fino al raggiungimento dei limiti strumentali di resistenza (rifiuto) o fino alla profondità massima prevista dal programma delle indagini. Copia delle letture eseguite direttamente ai manometri od al visore, alle varie profondità, devono essere consegnate giornalmente alle Ferrovie.

La prova CPT generalmente dovrà essere limitata a 30 metri di profondità, indagini di profondità maggiore dovranno essere approvate dalle Ferrovie.

Documenti da consegnare

La documentazione di prova comprenderà:

a) Relazione conclusiva contenente la descrizione di tutte le operazioni eseguite e dei risultati ottenuti;
b) Planimetria in scala non inferiore a 1:5000 recante l'ubicazione precisa di tutte le prove effettuate;
c) Elaborati grafici e tabellari riportanti per ciascuna prova:
   - informazioni generali (località, progr. km, data di esecuzione, nominativo dell'operatore ecc.);
   - numero/sigla della prova;
   - caratteristiche dell'attrezzatura;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- caratteristiche della punta;
- fotocopia delle tabelle di cantiere, con indicazione dei fattori moltiplicativi di interpretazione delle letture.
- certificati di taratura delle punte impiegate non anteriori a tre mesi da quella dell'assunzione della prova;
- quota assoluta del punto di prova;
- profondità della falda;
- grafici della resistenza della punta qc, dell'attrito laterale locale fs e del rapporto fs/qc calcolato fra valori misurati alla medesima profondità La profondità deve essere diagrammata in ordinata scala 1:100; i valori di qc, fs ed il rapporto fs/qc devono essere diagrammati in ascissa:
  - 1 cm = 2 MPa per qc;
  - 1 cm = 50 kPa per fs;
  - 1 cm = 1% per fs/qc %.
- grafico dell'inclinazione delle aste in funzione della profondità;
- posizione di eventuali anelli allargatori;
- note ed osservazioni.

Riferimenti normativi:

- ASTM D3441-98. Standard Test Method for Mechanical Cone Penetration Tests of Soil.
- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- UNI ENV 1997-3 (2002) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 3: Progettazione assistita con prove in sito".
- UNI EN ISO 22476-12 (2009) - Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 12:Prova meccanica di penetrazione del cono (CPTM)

3.8.2.2 Prova penetrometrica statica eseguita con dispositivo a punta elettrica (CPTE).

La prova consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni e caratteristiche standard, infissa a velocità costante nel terreno tramite un dispositivo di spinta che agisce alternativamente su una batteria di aste cave alla cui estremità inferiore è connessa la punta.

A. Attrezzatura

Le attrezzature richieste sono le seguenti:

- dispositivo di spinta;
- punta penetrometrica;
- aste;
- dispositivo di misura.

A.1. Dispositivo di spinta

Deve essere usato un martinetto a comando idraulico in grado di esercitare la spinta richiesta (10 o 20 ton) sulla duplice batteria di aste.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La corsa minima deve essere pari ad almeno 1 m. La velocità di infissione della batteria di aste sarà di 2 cm/s (± 0,5 cm/s), costante nel corso della prova, indipendentemente dalla resistenza offerta dal terreno.

Il dispositivo di spinta deve essere ancorato e/o zavorrato in modo tale che non si muova, rispetto al piano di campagna, durante l'azione di spinta.

L'attrezzatura dovrà essere posizionata in modo da fornire una spinta nella direzione verticale con una deviazione ammissibile dalla verticale non superiore al 2%, verificata con un apposito sensore inclinometrico.

A.2. Punta penetrometrica

La punta penetrometrica è costituita da una punta conica, solidale con la batteria di aste cave, ed è caratterizzata dalle seguenti dimensioni:

- diametro di base del cono dc: 35,7 (34,7÷36,0) mm
- altezza della parte conica del cono: 31,0 (24,0÷31,3) mm
- angolo di apertura del cono: 60°
- altezza dell'estensione cilindrica: ≤ 5 mm

La punta permetterà la misura di:

- resistenza alla punta qc
- resistenza per attrito laterale fs

La resistenza per attrito laterale viene rilevata per mezzo di un manicotto d'attrito liscio, ubicato subito al di sopra della punta conica con le seguenti caratteristiche:

- superficie laterale del manicotto: 150 cm^2 ± 2%
- diametro esterno manicotto ds: dc ≤ ds ≤ dc + 0,35 mm (dc = diametro della base del cono)

La punta di tipo elettrico sarà strumentata con celle di carico estensimetriche per la misura di fs e qc , con i seguenti fondo scala:

- 5000 kg per qc (50 Mpa);
- 750 kg per fs (500 kPa).

Qualora necessario, le Ferrovie si riservano di richiedere l'uso di punte con sensibilità massima diversa (qc= 10÷20 MPa per terreni teneri o poco addensati; qc= 70÷100 MPa per terreni molto addensati).

La punta dovrà essere dotata di un sensore inclinometrico per la misura continua della deviazione dalla verticale.

A.3. Aste

Devono essere utilizzate aste di tipo cavo con diametro esterno di 36 mm.

Eventuali anelli allargatori dovranno essere posizionati ad almeno 100 cm dalla base del cono.

A.4. Dispositivo di misura

Oltre alle celle di carico estensimetriche della punta, saranno previsti:

- centralina elettronica per la ricezione e la trasmissione dei dati;
- visualizzatore e registratore grafico;
- registratore digitale dei dati con possibilità di rielaborazione e restituzione dei dati stessi; i dati devono essere memorizzati ogni 2 cm di penetrazione della punta;
- sincronizzatore velocità di avanzamento punta/registratore grafico analogico.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La precisione di misura deve essere contenuta entro i seguenti limiti massimi:

- 5 % del valore misurato;
- 1 % del valore di fondo scala.

B. Tarature e controlli

Oltre a sistematici controlli circa lo stato della punta e del manicotto (geometria, rugosità) o delle aste cave (rettilineità della batteria specie per quanto riguarda le 5 aste più vicine alla punta) dovranno essere eseguiti i seguenti controlli:

a) le guarnizioni fra i diversi elementi di una punta penetrometrica dovranno essere ispezionate con regolarità per accettarne le perfette condizioni e l'assenza di particelle di terreno;
b) le punte elettriche dovranno essere compensate rispetto alle variazioni di temperatura;

Prima di eseguire le prove penetrometriche l'Esecutore deve controllare il perfetto stato della punta, mediante apposite apparecchiature di controllo, il perfetto funzionamento dei dispositivi di amplificazione e registrazione dei dati; inoltre, per ogni punta impiegata, l'Esecutore deve consegnare alle Ferrovie un certificato attestante che la taratura della punta stessa sia stata effettuata in data non anteriore a tre mesi da quella di esecuzione della prova.

Qualora eventi eccezionali possono aver alterato le caratteristiche della punta elettrica e comunque non oltre i 1000 m di effettiva penetrazione effettuata, l'Esecutore deve controllare, con le modalità approvate dalle Ferrovie, che la punta elettrica non sia andata fuori taratura, qualora ciò si verifichi si deve procedere ad una nuova taratura.

I dati di taratura delle punte impiegate devono essere mantenuti in cantiere a disposizione delle Ferrovie.

C. Modalità esecutive

Prima di eseguire la prova deve essere accertata la perfetta verticalità della batteria del penetrometro e della adeguatezza dello zavorramento e/o ancoraggio in relazione alla capacità di spinta dell'attrezzatura.

Durante l'infissione della punta elettrica devono essere registrati separatamente e senza soluzioni di continuità i valori della resistenza alla punta (q_c) e i valori della resistenza laterale e la deviazione della punta verticale.

E' opportuno che la taratura finale dei dispositivi di misura e registrazione sia effettuata dopo che i sensori della punta si siano equilibrati con la temperatura interna del terreno.

La prova di norma sarà eseguita fino alla profondità massima prevista dal programma delle indagini o interrotta per rifiuto in uno dei seguenti casi:

- raggiungimento del fondo scala per uno dei sensori relativi a resistenza qc e fs;
- raggiungimento della massima capacità di spinta del penetrometro;
- deviazione della punta verticale di 10°, se repentina, o di 15° se progressiva.

Al termine della prova ed ogni qualvolta la prova si interrompa, si dovrà rilevare lo sforzo totale applicato.

Quando la resistenza del terreno raggiunge un valore tale da impedire l'ulteriore avanzamento del penetrometro fino alla profondità prevista, ovvero nel caso che la deviazione della punta dalla verticale risulti superiore a 15° l'Esecutore deve sospendere la prova ed estrarre la batteria penetrometrica e, se richiesto dalle Ferrovie, deve procedere alla perforazione del terreno resistente onde proseguire per gli strati successivi la prova medesima.

La perforazione, di norma, deve essere realizzata utilizzando una tubazione provvisoria di rivestimento con diametro interno di 50÷55 mm e diametro esterno 70÷75 mm, che funge anche da tubazione guida.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Qualora si debba eseguire la perforazione con diametri maggiori di 75 mm, prima di riprendere la esecuzione della prova penetrometrica, deve essere inserita all'interno del foro una tubazione guida come sopra descritta.

Documenti da consegnare

La documentazione di prova comprenderà:

a) Relazione conclusiva contenente la descrizione di tutte le operazioni eseguite e dei risultati ottenuti;
b) Planimetria in scala non inferiore a 1:5000 recante l'ubicazione precisa di tutte le prove effettuate;
c) Elaborati grafici e tabellari riportanti per ciascuna prova:
   - informazioni generali (località, pr. km, data di esecuzione, nominativo dell'operatore ecc.);
   - numero/sigla della prova;
   - caratteristiche dell'attrezzatura;
   - caratteristiche della punta;
   - fotocopia delle tabelle di cantiere, con indicazione dei fattori moltiplicativi di interpretazione delle letture.
   - certificati di taratura delle punte impiegate non anteriori a tre mesi da quella dell'assunzione della prova;
   - quota assoluta del punto di prova ed indicazioni di eventuali prefori o perforazioni di azzeramento per presenza di strati consistenti;
   - profondità della falda;
   - grafici della resistenza della punta qc, dell'attrito laterale locale fs e del rapporto fs/qc calcolato fra valori misurati alla medesima profondità. La profondità deve essere diagrammata in ordinata scala 1:100; i valori di qc, fs ed il rapporto fs/qc devono essere diagrammati in ascissa:
     - 1 cm = 2 MPa per qc;
     - 1 cm = 50 kPa per fs;
     - 1 cm = 1% per fs/qc %.
   - angolo di inclinazione della punta rispetto alla verticale (°) e scostamento dalla verticale (m);
   - posizione di eventuali anelli allargatori;
   - note ed osservazioni.

Riferimenti normativi:

- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- UNI ENV 1997-3 (2002) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 3: Progettazione assistita con prove in sito".
- UNI EN ISO 22476-12 (2009). Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 12:Prova meccanica di penetrazione del cono (CPTM)
- ISSMFE Technical committee on Penetration Testing (1988). Cone Penetration Test (CPT): International Reference Test Procedure.
- ASTM D5778-95 (2000). Standard Test Method for Performing Electronic Friction Cone and Piezocone Penetration Testing of Soils.

3.8.2.3 Prova penetrometrica statica eseguita con dispositivo a punta elettrica provvista di piezocono (CPTU).

La prova con piezocono viene eseguita con una attrezzatura per prove penetrometriche statiche, nella quale la punta elettrica è strumentata per la misura in forma continua di quanto sotto elencato:

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- resistenza alla penetrazione statica qc della punta conica e resistenza per attrito laterale fs;
- pressione dei pori del terreno (somma della pressione idrostatica e della sovrappressione indotta dall'avanzamento della punta);
- dissipazione nel tempo della sovrappressione indotta nel terreno, a quote predeterminate, per la determinazione della pressione idrostatica e per la determinazione del coefficiente di permeabilità in direzione orizzontale kh e del coefficiente di dissipazione della sovrappressione idrostatica in direzione orizzontale ch.

A. Attrezzatura

Deve essere usato un martinetto a comando idraulico in grado di esercitare la spinta richiesta (10 o 20 ton) sulla duplice batteria di aste.

La corsa minima deve essere pari ad almeno 1 m. La velocità di infissione della batteria di aste sarà di 2 cm/s (± 0,5 cm/s), costante nel corso della prova, indipendentemente dalla resistenza offerta dal terreno.

Il dispositivo di spinta deve essere ancorato e/o zavorrato in modo tale che non si muova, rispetto al piano di campagna, durante l'azione di spinta.

L'attrezzatura dovrà essere posizionata in modo da fornire una spinta nella direzione verticale con una deviazione ammissibile dalla verticale non superiore al 2%, verificata con un apposito sensore inclinometrico.

Il trasduttore di pressione deve essere "a bassa variazione di volume" e il suo fondo scala deve essere di norma 15 bar. Per prove profonde, oltre i 30 m, deve essere usato un trasduttore con fondo scala maggiore di 15 bar. Il fondo scala degli altri sensori (punta e attrito laterale) deve essere di norma rispettivamente 5 t e 750 kg, salvo diverse prescrizioni delle Ferrovie.

A.1. Punta penetrometrica

La punta conica fissa, interamente solidale con il movimento delle aste cave, deve avere le seguenti dimensioni:

- diametro di base del cono dc: 35,7 (34,7÷36,0) mm
- altezza della parte conica del cono: 31,0 (24,0÷31,3) mm
- angolo di apertura del cono: 60°
- altezza dell'estensione cilindrica: ≤ 15 mm

La punta permetterà la misura di:

- resistenza alla punta qt (resistenza alla punta qc corretta in funzione della pressione interstiziale U);
- resistenza per attrito laterale ft (resistenza per attrito laterale fs corretta in funzione della pressione interstiziale U);
- pressione interstiziale U (somma della pressione idrostatica Uo e della sovrappressione indotta DU).

Il parametro fs sarà relativo ad un manicotto di attrito liscio con le seguenti dimensioni:

- superficie laterale del manicotto: 150 cm^2 ± 2%
- diametro esterno manicotto ds: dc ≤ ds ≤ dc + 0,35 mm (dc = diametro della base del cono)

Il manicotto sarà posizionato subito sopra il cono.

La punta dovrà essere dotata di un filtro poroso intercambiabile, posto preferibilmente alla base del cono, che permetterà la misura delle pressioni interstiziali U.

Il diametro del filtro poroso deve essere pari a: dc ≤ du ≤ dc + 0,2 mm (dc = diametro della base del cono).

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La punta di tipo elettrico sarà strumentata con celle di carico estensimetriche per la misura di fs e qc , con i seguenti fondo scala:

- 5000 kg per qc (50 Mpa);
- 750 kg per fs (500 kPa).

Qualora necessario, le Ferrovie si riservano di richiedere l'uso di punte con sensibilità massima diversa (qc= 10÷20 MPa per terreni teneri o poco addensati; qc= 70÷100 MPa per terreni molto addensati).

La punta dovrà essere dotata di un sensore inclinometrico per la misura continua della deviazione dalla verticale.

A.2. Aste

Le aste di tipo cavo dovranno avere diametro esterno di 36 mm.

Eventuali anelli allargatori devono essere posizionati ad almeno 100 cm dalla base del cono.

La dotazione dovrà includere anche una batteria di aste normali ed una puntazza conica del diametro di 50 mm, per eseguire eventuali prefori per raggiungere la falda.

A.3. Dispositivo di misura

Oltre alle celle di carico estensimetriche, in dotazione alla punta, dovranno prevedersi:

- centralina elettronica per la ricezione e la trasmissione dei dati;
- registratore grafico di qc, fs, u+Δu;
- registratore digitale dei dati con possibilità di rielaborazione e restituzione dei dati stessi; i dati devono essere memorizzati ogni 2 cm di penetrazione della punta;
- registratore grafico o stampante su carta per la registrazione della variazione della pressione interstiziale nel tempo nel corso delle prove di dissipazione; la scelta della sequenza temporale di misura, o la velocità di scorrimento della carta devono poter essere adattabili alle più disparate velocità di dissipazione;
- visore per la lettura istantanea dei valori delle grandezze misurate, in forma digitale;
- sincronizzatore velocità di avanzamento punta/registratore grafico.

A.4. Attrezzatura di disaerazione

Il filtro poroso ed il cono dovranno essere perfettamente disaerati adottando una delle seguenti metodologie:

- immersione per bollitura in una cella di disaerazione sottovuoto per circa 3 ore;
- disaerazione per bollitura, con immersione di filtro e cono per un periodo di tempo di sufficiente durata, in funzione del tipo di filtro;
- immersione del filtro poroso in glicerina calda in un contenitore sottovuoto ad ultrasuoni, combinando gli effetti del pompaggio sottovuoto e della vibrazione ad ultrasuoni; il cono verrà disaerato tramite iniezione di glicerina con siringa ipodermica.

Altre attrezzature, tipi di fluido e tecniche di disareazione dovranno essere autorizzate dalle Ferrovie.

B. Tarature e controlli

Oltre ai sistematici controlli circa lo stato della punta e del manicotto (geometria, rugosità) e delle aste cave (rettilineità della batteria specie per quanto riguarda le 5 aste più vicine alla punta), dovranno essere eseguiti i seguenti controlli:

- le guarnizioni fra i diversi elementi di un piezocono dovranno essere ispezionate con regolarità per accettarne le perfette condizioni e l'assenza di particelle di terreno;
- il piezocono dovrà essere compensato rispetto alle variazioni di temperatura;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- la precisione di misura, tenendo conto di tutte le possibili fonti di errore (attriti parassiti, errori nel dispositivo di registrazione, eccentricità del carico sul cono e sul manicotto, differenze di temperatura ecc.) dovrà essere comunque inferiore ai seguenti limiti:
  - 5% del valore misurato;
  - 1% del valore del fondo scala.

Tale precisione dovrà essere verificata in laboratorio e verificabile in cantiere. Nel primo caso i dati di taratura relativi ad ogni piezocono dovranno essere sempre disponibili in cantiere.

Per ogni punta impiegata, l'Esecutore deve consegnare alle Ferrovie un certificato attestante che la taratura della punta stessa sia stata effettuata in data non anteriore a tre mesi da quella di esecuzione della prova.

C. Montaggio del piezocono

Terminata la disaerazione del filtro e del cono, questi saranno inseriti in un guanto di gomma pieno di acqua disaerata, operando rigorosamente in immersione; il guanto di gomma non sarà rimosso all'inizio della prova, in quanto sarà l'attrito con il terreno a provvedere alla sua rottura ed asportazione.

D. Preforo

L'eventuale preforo necessario per raggiungere la quota di falda dovrà essere preventivamente concordato ed autorizzato dalle Ferrovie

E. Stabilizzazione termica

Prima di iniziare la prova, la punta dovrà essere inserita nel preforo, in acqua di falda, e lasciata ferma per 10 minuti per ottenere la stabilizzazione termica, ripetendo alla fine dei 10' gli azzeramenti dei dispositivi di misura e registrazione.

Al termine della prova dovranno essere misurate e registrate eventuali derive di zero dei dispositivi; tali annotazioni finali dovranno far parte integrante della documentazione provvisoria e definitiva della prova.

F. Modalità esecutive

Il penetrometro dovrà essere posizionato opportunamente in modo da garantire la verticalità dell'applicazione del carico.

L'elemento poroso del piezocono deve essere debitamente saturato prima di ogni prova, verificando inoltre che non vi siano bolle d'aria racchiuse nel condotto di adduzione al trasduttore e nella camera del trasduttore.

La punta deve essere quindi inserita nel contenitore pieno di acqua disaerata. Tale operazione deve essere ripetuta prima dell'inizio di ogni prova.

Successivamente la punta deve essere fatta avanzare nel terreno saturo fino alla profondità stabilita, registrando, insieme ai parametri misurati dalla punta elettrica, i valori della pressione interstiziale.

La prova si inizierà alla base del tratto preforato, inserendo nel terreno il piezocono protetto dal guanto di gomma.

La prova sarà di norma eseguita fino alla profondità definita dal programma delle indagini, o interrotta per rifiuto in uno dei seguenti casi:

- raggiungimento del fondo scala di uno dei sensori relativi a resistenza qc, fs, o pressione interstiziale;
- raggiungimento della massima capacità di spinta del penetrometro;
- deviazione della punta della verticale di 10°, se repentina, o di 15° se progressiva.

Nel caso di rifiuto potrà essere richiesta la ripresa della prova dopo preforo a quota maggiore di 1 m rispetto a quella della interruzione della prova.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

G. Prova di dissipazione

L'avanzamento della punta provoca un aumento della pressione interstiziale nel terreno; la prova di dissipazione, eseguita arrestando la penetrazione, misura la velocità di riequilibrio della pressione dei pori da cui si può risalire alla compressibilità ed alla permeabilità del terreno.

Alla quota indicata dal programma si eseguirà la prova di dissipazione operando come di seguito:

- arresto della penetrazione della punta;
- sollevamento della testa di spinta in modo tale che l'accorciamento elastico delle aste, che si verifica in fase di penetrazione, possa scaricarsi verso l'alto lasciando libero il cono;
- in presenza di terreni particolarmente poco addensati o poco consistenti è opportuno ricorrere al bloccaggio della batteria di aste mediante freno o morsa in modo tale che il peso della batteria di aste non agisca sulla punta;
- scatto contemporaneo dei contasecondi e inizio della registrazione della variazione di pressione interstiziale;
- lettura al visore digitale dell'andamento della pressione interstiziale ai tempi 0,1 - 0,25 - 0,5 - 1 - 2 - 4 - 8 - 15 - 30 minuti;
- la lettura sarà registrata manualmente sul grafico con i tempi in scala logaritmica.

La prova sarà considerata conclusa al 60-80% della dissipazione della sovrappressione indotta dalla punta.

A prova ultimata e ad avvenuta estrazione della punta l'Esecutore deve controllare se si sono verificate derive dello zero per effetto di sforzi eccentrici, urti, sovraccarichi, difetti elettrici, ecc.

L'eventuale nuovo valore di zero (e quindi l'eventuale deriva) deve essere indicato sui grafici e memorizzato nel caso di memoria magnetica, in modo da poterne tenere conto nella elaborazione dei dati.

Documenti da consegnare

La documentazione di prova comprenderà:

a) Relazione conclusiva contenente la descrizione di tutte le operazioni eseguite e dei risultati ottenuti;
b) Planimetria in scala non inferiore a 1:5000 recante l'ubicazione precisa di tutte le prove effettuate;
c) Elaborati grafici e tabellari riportanti per ciascuna prova:
   - informazioni generali (località, pr. km, data di esecuzione, nominativo dell'operatore ecc…);
   - numero/sigla della prova;
   - caratteristiche dell'attrezzatura;
   - caratteristiche della punta e del piezocono (compreso il valore del fattore delle aree del cono) con indicazione di marca, modello e numero eventuale di matricola;
   - fotocopia delle tabelle di cantiere, con indicazione dei fattori moltiplicativi di interpretazione delle letture.
   - certificati di taratura delle punte impiegate non anteriori a tre mesi da quella dell'assunzione della prova;
   - quota assoluta del punto di prova;
   - profondità della falda;
   - grafici della resistenza della punta corretta qT, dell'attrito laterale locale corretto fT , della pressione dei pori U e del rapporto fT/qT calcolato fra valori misurati alla medesima profondità. La profondità deve essere diagrammata in ordinata scala 1:100; i valori di qT, fT , U ed il rapporto fT/qT devono essere diagrammati in ascissa:
     - 1 cm = 2 MPa per qT;
     - 1 cm = 50 kPa per fT;
     - 1 cm = 1% per fT/qT %.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- tabulato delle misure eseguite alle varie profondità (ogni 2 cm), corrette per inclinazione, derive, ecc. Il tabulato deve comprendere le seguenti colonne:
  - qt cioè la qc corretta per l'influenza della pressione interstiziale (U) per effetto dell'area netta;
  - U cioè la U totale misurata diminuita della Uo corrispondente al carico idrostatico;
  - U/qt rapporto fra la U e la qt (qc corretta);
  - profondità.
- angolo di inclinazione della punta rispetto alla verticale (°) e scostamento dalla verticale (m);
- grafici delle prove di dissipazione con l'andamento della pressione interstiziale in funzione del logaritmo del tempo e tabelle contenenti le letture fatte ai diversi tempi;
- posizione di eventuali anelli allargatori;.
- note ed osservazioni.

Riferimenti normativi:

- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- UNI ENV 1997-3 (2002) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 3: Progettazione assistita con prove in sito".
- UNI EN ISO 22476-1 (2012). Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 1: Prova penetrometrica con cono elettrico e piezocono)
- ISSMFE Technical committee on Penetration Testing (1988). Cone Penetration Test (CPT): International Reference Test Procedure.
- ASTM D5778-95 (2000). Standard Test Method for Performing Electronic Friction Cone and Piezocone Penetration Testing of Soils.

3.8.2.4 Prova penetrometrica dinamica continua (SCPT) eseguita con massa battente pesante (63,5-73 kg).

La prova consiste nell'infissione per battitura di una punta conica metallica nel terreno, contando il numero di colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza prestabilita.

La punta conica è avvitata all'estremità di una batteria di aste metalliche e la battitura avviene con un maglio che cade liberamente da una altezza costante.

A. Attrezzatura

Gli standard per tale prova sono definiti da due associazioni di settore:

- AGI - Associazione Geotecnica Italiana;
- ISSMFE - International Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering.

Tali standard sono differenti e vengono di seguito descritti.

Secondo l'AGI, l'attrezzatura sarà la seguente:

1) Batteria di aste interne ad una seconda batteria di tubi esterni di rivestimento con scarpa sagomata a tagliente alla base:
   - Lunghezza aste: L = 1÷2 m
   - Peso per metro lineare aste: M = 4,6 ±0,5 kg
   - Diametro esterno aste interne: ∅est = 34 mm
   - Diametro esterno rivestimento: ∅est = 48 mm

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- Diametro interno rivestimento: Øint = 38 mm
- Peso per metro lineare rivestimento: M = 5,3 kg

(l'intercapedine tra Øint della scarpa e le aste sarà di 0,2÷0,3 mm; tra le aste e il rivestimento, sopra la scarpa, di 2 mm circa).

2) Punta conica collegata alla base delle aste interne:
   - Angolo apertura: $\alpha = 60°$
   - Diametro base: Øb = 50,8 mm

3) Dispositivo di infissione con sollevamento e sganciamento automatico con le seguenti caratteristiche:
   - massa battente: M = 73 kg
   - altezza di caduta: h = 750 mm
   - testa di battuta: ≤ 55 kg

L'asta, alla cui estremità è collegata la punta conica, deve essere perfettamente liscia e calibrata negli ultimi 50 cm. L'altezza di caduta nel corso della infissione dei rivestimenti non è vincolante.

Secondo ISSMFE, l'attrezzatura ("superpesante" - DPSH) sarà la seguente:

1) Batteria di aste:
   - Lunghezza aste: L = 1÷2 m
   - Peso per metro lineare aste: Mmax = 8,0 kg
   - Diametro esterno aste: Øest = 32 ± 0,3 mm

(l'intercapedine tra Øint della scarpa e le aste sarà di 0,2÷0,3 mm; tra le aste e il rivestimento, sopra la scarpa, di 2 mm circa).

2) Punta conica collegata alla base delle aste:
   - Angolo apertura: $\alpha = 90°$
   - Diametro base: Øb = 50,5 ± 0,5 mm

3) Dispositivo di infissione con sollevamento e sganciamento automatico con le seguenti caratteristiche:
   - massa battente : M = 63,5 ± 0,5 kg
   - altezza di caduta : h = 750 ± 0,02 mm
   - testa di battuta : ≤ 30 kg

Il rivestimento nella procedura ISSMFE non è previsto; il suo impiego, tuttavia, è consigliabile soprattutto per ridurre l'effetto dell'attrito laterale sulle aste. In ogni caso si deve sempre verificare che le aste siano in grado di ruotare liberamente all'interno del foro.

B. Modalità esecutive

La prova consisterà nella infissione della punta conica nel terreno, per tratti consecutivi di 20/30 cm misurando il numero di colpi (Np) necessari, previo eventuale preforo di attraversamento di pavimentazioni o altri ostacoli all'infissione della punta stessa.

L'AGI prevede avanzamenti di 30 cm mentre ISSMFE prevede l'infissione per tratti consecutivi di 20 cm .

Con l'attrezzatura AGI dopo 30 cm di penetrazione della punta verrà infisso il rivestimento rilevando ancora il numero di colpi (N_r).

La prova verrà sospesa per raggiunto rifiuto quando N_p o N_r superano il valore di 100 colpi per avanzamento.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Di norma le prove verranno iniziate alla quota del piano campagna.

La punta conica dovrà sporgere dal rivestimento non più di 30 cm in qualsiasi fase della prova; ciò per evitare che attriti laterali sulle aste alterino i dati di resistenza N_r misurati.

Le due batterie, aste collegate alla punta e rivestimenti, dovranno essere reciprocamente libere per tutta la durata della prova. Nel caso di blocco delle due colonne, a seguito di infiltrazioni di materiale nell'intercapedine, la prova dovrà essere sospesa; prima di estrarre la batteria l'esecutore deve mettere in atto tutti gli accorgimenti dettati dall'esperienza atti a sbloccare le due colonne.

Ad esempio:
- iniezione di acqua in pressione nell'intercapedine;
- bloccaggio di una delle due colonne ed infissione o estrazione dell'altra;
- azione combinata dei due interventi sopra descritti.

Fra la testa di battuta alla sommità della batteria ed il piano campagna dovrà essere installato almeno n.1 centratore con funzioni di guida e di irrigidimento.

La prova è continua per tutta la profondità indagata.

Con l'attrezzatura ISSMFE l'infissione della punta conica avverrà per tratti consecutivi di 20 cm, misurando il numero di colpi necessari.

La cadenza di avanzamento dovrà essere pari a 15-30 colpi/minuto. Tutte le interruzioni nella continuità di prova devono essere annotate nel rapporto di cantiere.

Le aste devono essere ruotate per un giro e mezzo ogni metro per mantenere il foro verticale e diritto nonché per ridurre l'attrito laterale sulle aste.

Quando la profondità di prova supera 10 m, la rotazione delle aste deve essere più frequente (ogni 20 cm).

Per eliminare il problema dell'attrito laterale lungo le aste è opportuno prevedere l'iniezione di fango bentonitico tra le aste e le pareti del foro oppure l'adozione di un rivestimento provvisorio, benché non espressamente previsti nella procedura ISSMFE.

C. Elaborazione

Il numero di colpi necessari all'avanzamento dovrà essere espresso anche come resistenza alla penetrazione dinamica q_d (MPa) che tiene conto delle caratteristiche dimensionali e di peso dell'attrezzatura impiegata.

L'espressione da utilizzare è la seguente:

$$q_d = \frac{M}{M + M'} \cdot \frac{M \cdot g \cdot H}{A \cdot e} \quad [MPa]$$

Con:
M = massa del maglio
M' = massa complessiva di testa di battuta, asta di guida del maglio, dispositivo di sgancio e colonna di aste
g = accelerazione di gravità
H = altezza di caduta del maglio
a = area della sezione trasversale della punta
e = penetrazione media per colpo (penetrazione di riferimento divisa per il numero di colpi)

Documenti da consegnare.

Al termine dell'indagine dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

a) Relazione conclusiva contenente la descrizione di tutte le operazioni eseguite e dei risultati ottenuti;
b) Planimetria, in scala non inferiore a 1:5000, recante l'ubicazione precisa di tutte le prove effettuate;
c) Elaborati grafici e tabellari riportanti, per ciascuna prova, i seguenti dati:
   - caratteristiche generali dell'attrezzatura impiegata tipo di penetrometro, dimensioni della punta conica, diametro e peso delle aste e del rivestimento, peso della guida e della testa di battuta, massa del maglio e altezza di caduta;
   - tabella dei dati rilevati per ciascuna verticale di prova della resistenza alla punta (N20 o N30) e della resistenza al rivestimento (Nr);
   - grafico della resistenza alla punta Np ed al rivestimento Nr in funzione della profondità;
   - grafico e tabella della resistenza alla penetrazione dinamica qd in funzione della profondità;
   - note ed osservazioni relative all'esecuzione di ciascuna verticale di prova.

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- ISSMFE Technical Committee on Penetration Testing (1988). Dynamic Probing (DP): International Reference Test Procedure (secondo la terminologia ISSFE, questa prova rientra nel tipo super-pesante: DPSH, in quanto con maglio maggiore di 60 kg).
- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- UNI ENV 1997-3 (2002) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 3: Progettazione assistita con prove in sito".
- UNI EN ISO 22476-2 (2012) -Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 2:Prova di penetrazione dinamica

3.8.2.5 Prova penetrometrica dinamica continua (SCPT) eseguita con massa battente medio-leggera (10÷30 kg).

La prova consiste nell'infissione per battitura di una punta conica metallica nel terreno, contando il numero di colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza prestabilita.

La punta conica è avvitata all'estremità di una batteria di aste metalliche e la battitura avviene con un maglio che cade liberamente da una altezza costante.

A. Attrezzatura

L'attrezzatura da impiegare dovrà rispondere agli standard ISSMFE nonché alle caratteristiche sotto riportate per il penetrometro medio-leggero di tipo "Emilia".

Secondo ISSMFE il penetrometro **medio** utilizza una massa battente da 30 kg e l'attrezzatura sarà la seguente:

1) Batteria di aste:
   - Lunghezza aste: L = 1÷2 m
   - Peso per metro lineare aste: M = max 6 kg
   - Diametro esterno aste: ∅est = 32 ±0,3 mm
2) Punta conica collegata alla base delle aste:
   - Angolo apertura: $\alpha = 90°$
   - Diametro base: ∅b = 35,7± 0,3 mm

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3) Dispositivo di infissione con sollevamento e sganciamento automatico con le seguenti caratteristiche:
   - massa battente: M = 30±0,3 kg
   - altezza di caduta: h = 500 mm
   - peso testa di battuta: T = max. 18 kg

Secondo ISSMFE il penetrometro **leggero** utilizza una massa battente da 10 kg e l'attrezzatura sarà la seguente::

1) Batteria di aste:
   - Lunghezza aste: L = 1 m
   - Peso per metro lineare aste: M = max 3 kg
   - Diametro esterno aste: ∅est = 22 ± 0,2 mm
2) Punta conica collegata alla base delle aste:
   - Angolo apertura: α = 90°
   - Diametro base: ∅b = 35,7± 0,3 mm
3) Dispositivo di infissione con sollevamento e sganciamento automatico con le seguenti caratteristiche:
   - massa battente: M = 10± 0,3 kg
   - altezza di caduta: h = 500 mm
   - peso testa di battuta: T = max. 6 kg

Il penetrometro **medio-leggero** tipo "Emilia" utilizza una massa battente da 30 kg e l'attrezzatura sarà la seguente:

1) Batteria di aste:
   - Lunghezza aste: L = 1 m
   - Peso per metro lineare aste: M = 3,6 o 2,5 kg
   - Diametro esterno aste: ∅est = 28 o 20 mm
2) Punta conica collegata alla base delle aste:
   - Angolo apertura: α = 90° o 60°
   - Diametro base: ∅b = 35,7 mm
3) Dispositivo di infissione con sollevamento e sganciamento automatico con le seguenti caratteristiche:
   - massa battente: M = 30 kg
   - altezza di caduta: h = 200 mm
   - peso testa di battuta: T = 26 o 18 kg

Per evitare l'influenza dell'attrito laterale sulla resistenza alla penetrazione, sono da preferire le attrezzature dotate di rivestimento o di aste cave che consentano l'iniezione di fango bentonitico nell'intercapedine.

B. Modalità esecutive

La prova consisterà nella infissione della punta conica (a perdere) nel terreno, per tratti consecutivi di 10 cm misurando il numero di colpi (Np) necessari, previo eventuale preforo per l'attraversamento di pavimentazioni o altri ostacoli all'infissione della punta statica.

La prova verrà sospesa per raggiunto rifiuto quando Np supera il valore di 50 colpi per avanzamento.

Di norma le prove verranno iniziate alla quota del piano campagna.

Fra la testa di battuta alla sommità della batteria ed il piano campagna dovrà essere installato almeno n.1 centratore con funzioni di guida e di irrigidimento.

La prova è continua per tutta la profondità indagata.

La cadenza di avanzamento dovrà essere pari a 15-30 colpi/minuto.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Tutte le interruzioni nella continuità di prova devono essere annotate nel rapporto di cantiere.

Le aste devono essere ruotate per un giro e mezzo ogni metro per mantenere il foro verticale e diritto nonché per ridurre l'attrito laterale sulle aste.

C. Elaborazione

Il numero di colpi necessari all'avanzamento dovrà essere espresso anche come resistenza alla penetrazione dinamica q_d (MPa) che tiene conto delle caratteristiche dimensionali e di peso dell'attrezzatura impiegata.

L'espressione da utilizzare è la seguente:

$$q_d = \frac{M}{M + M'} \cdot \frac{M \cdot g \cdot H}{A \cdot e} \quad [MPa]$$

Con:
M = massa del maglio
M' = massa complessiva di testa di battuta, asta di guida del maglio, dispositivo di sgancio e colonna di aste
g = accelerazione di gravità
H = altezza di caduta del maglio
a = area della sezione trasversale della punta
e = penetrazione media per colpo (penetrazione di riferimento divisa per il numero di colpi)

Documenti da consegnare.

Al termine dell'indagine dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

a) Relazione conclusiva contenente la descrizione di tutte le operazioni eseguite e dei risultati ottenuti;
b) Planimetria, in scala non inferiore a 1:5000, recante l'ubicazione precisa di tutte le prove effettuate;
c) Elaborati grafici e tabellari riportanti, per ciascuna prova, i seguenti dati:
   - caratteristiche generali dell'attrezzatura impiegata tipo di penetrometro, dimensioni della punta conica, diametro e peso delle aste (e del rivestimento), peso della guida e della testa di battuta, massa del maglio e altezza di caduta;
   - tabulato dei dati rilevati per ciascuna verticale di prova, della resistenza alla punta (N10) e della resistenza al rivestimento (Nr);
   - grafico della resistenza alla punta Np (ed al rivestimento Nr) in funzione della profondità;
   - grafico e tabella della resistenza alla penetrazione dinamica qd in funzione della profondità;
   - note ed osservazioni relative all'esecuzione di ciascuna verticale di prova.

Riferimenti normativi:

- ISSMFE Technical Committee on Penetration Testing (1988). Dynamic Probing (DP): International Reference Test Procedure.
- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- UNI ENV 1997-3 (2002) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 3: Progettazione assistita con prove in sito".
- UNI EN ISO 22476-2 (2012) -Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 2:Prova di penetrazione dinamica

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3.8.2.6 Prova dilatometrica eseguita con dilatometro piatto tipo Marchetti (DMT).

La prova consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una lama di acciaio, mediante spinta statica, espandendo con del gas in pressione una membrana circolare situata su di un lato della lama e misurando le pressioni corrispondenti a due livelli di deformazione predeterminati della membrana.

A. Attrezzatura

A.1 Dispositivo di spinta

Può essere costituito da un penetrometro statico da 10÷20 t di spinta effettiva, completo di batteria di aste ($\varnothing_{est}$= 36 mm), oppure dal dispositivo di spinta di una sonda da perforazione; in questo secondo caso si richiede che almeno 2÷3 m delle aste, quelle connesse allo strumento di prova, abbiano $\varnothing_{est}$ = 36 mm, mentre la rimanente parte può avere diametro superiore.

Il cavo elettrico di collegamento dello strumento con la superficie deve essere sempre interno alle aste $\varnothing_{est}$= 36 mm; può uscire in corrispondenza del raccordo tra aste $\varnothing_{est}$ = 36 mm e quelle di perforazione di diametro superiore, tramite apposito giunto spaccato longitudinalmente ed essere fissato opportunamente all'esterno delle aste.

A.2 Attrezzatura originale Marchetti

L'attrezzatura dilatometrica sarà del tipo originale Marchetti, senza modifiche, e dovrà comprendere:

- dilatometro tipo Marchetti (95x200x14 mm), con membrana metallica laterale (spessore 0,2 mm), espandibile per 1 mm al centro;
- centralina di misura tipo Marchetti;
- siringa di calibrazione della membrana;
- cavo elettropneumatico di collegamento del dilatometro con la centralina;
- bombola di gas azoto, provvista di apposite valvole, regolatore e cavi di collegamento alla centralina;
- cavo per la messa a terra delle aste di spinta e della centralina.

B. Modalità esecutive

B.1 Accertamenti preliminari

Prima dell'esecuzione della prova si dovrà verificare che la lama di prova sia diritta, senza concavità o convessità maggiori di 0,5 mm rispetto al piano di riferimento.

La lama sarà collegata alle aste in modo da contenere la deviazione dall'asse entro 2 mm.

La membrana dovrà essere liscia e regolare ed il metallo che la costituisce non deve essere snervato.

Una volta collegata la lama ai tubi di adduzione gas alla centralina di misura ed alle bombole non si dovranno rilevare nel circuito perdite di pressione maggiori di 100 kPa/min.

B.2 Taratura

L'entità della deformazione della membrana in corrispondenza dei punti di misura A e B sarà misurata tramite il dispositivo di taratura. I segnali acustici relativi ai punti A e B dovranno cessare a deformazioni di 0,05 mm e 1,1 mm rispettivamente.

Membrane con caratteristiche diverse non saranno accettate e dovranno essere sostituite.

Le membrane nuove dovranno essere sottoposte a 20 cicli di carico e scarico con pressioni comprese entro i limiti indicati dal costruttore prima di essere impiegate in prove reali.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La taratura della membrana dovrà essere eseguita di nuovo al termine delle prove oppure ogni 5 verticali di prova.

B.3 Esecuzione della prova

Il dilatometro sarà spinto verticalmente nel terreno arrestando la penetrazione ad intervalli di 20 cm per l'esecuzione delle misure.

Durante l'infissione il segnale acustico (o audiovisivo) sarà sempre attivato e la valvola di sfiato dovrà essere aperta.

Raggiunta la quota di prova ed arrestata l'infissione si scaricano da ogni pressione le aste entro 15 secondi, si invia gas alla membrana misurando, tramite la centralina elettro- pneumatica di superficie:

- la pressione alla quale inizia il distacco della membrana (lettura A), da rilevarsi entro 20 secondi dalla immissione del gas; la pressione manometrica in corrispondenza della quale si disattiva il segnale audiovisivo corrisponde al valore "A";
- la pressione necessaria per espandere di 1 mm il centro della membrana (lettura B), da rilevarsi entro 30 secondi dalla lettura A; la pressione manometrica in corrispondenza della quale il segnale audiovisivo si riattiva corrisponde al valore "B".

Terminata la lettura si chiude la valvola di mandata e si apre quella di sfiato, scaricando il circuito e passando alla successiva profondità di misura.

La prova si intende conclusa quando il dilatometro ha raggiunto la profondità stabilita.

Qualora la natura del terreno impedisca l'infissione del dilatometro, si deve sospendere la prova e procedere all'approfondimento dello stesso dopo aver effettuato la perforazione del terreno fino alla profondità prescritta.

La tubazione di rivestimento del foro deve avere diametro idoneo per permettere il passaggio del dilatometro. In alternativa (fori molto profondi, operazioni da natante, ecc...) la cella può essere infissa utilizzando l'attrezzatura di perforazione, con le relative aste.

Durante l'esecuzione della prova l'immissione del gas al dilatometro deve essere effettuata in modo da non causare apprezzabili cadute di pressione lungo il tubetto di collegamento.

Documenti da consegnare.

Al completamento delle indagini dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

a) Relazione conclusiva contenente la descrizione di tutte le operazioni eseguite e dei risultati ottenuti;
b) Planimetria, in scala opportuna, della quale risulti l'ubicazione esatta delle prove dilatometriche eseguite;
c) Elaborati grafici e tabellari riportanti, per ciascuna prova, i seguenti dati:
   - informazioni generali (località, Progr. Km, data di esecuzione, nominativo dell'operatore, ecc.);
   - numero/sigla della prova;
   - caratteristiche dell'attrezzatura;
   - quota assoluta del punto di prova;
   - profondità della falda;
   - certificato di taratura della centralina di misura non anteriore di più di 6 mesi alla data della prova;
   - tabella con le letture di cantiere (lettura A, B);
   - elaborazione delle letture in accordo alle correlazioni fornite dal costruttore in termini di:
     - indice di materiale ID, correlato alla granulometria del materiale (sabbia, limo, argilla);
     - modulo edometrico Mo = 1/mv;
     - modulo dilatometrico Ed;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- coesione non drenata cu (nei soli terreni coesivi);
- angolo di attrito (solo nei terreni incoerenti);
- indice di spinta orizzontale kd;
- coefficienti di spinta orizzontale ko;
- grado di sovraconsolidazione.

➢ note ed osservazioni relative all'esecuzione di ciascuna verticale di prova.

Riferimenti normativi:

- ASTM D6635-01. Standard Test Method for Performing the Flat Plate Dilatometer;
- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo;
- UNI ENV 1997-3 (2002) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 3: Progettazione assistita con prove in sito";
- UNI-CEN-ISO/TS 22476-11 (2005). Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 11: Prova con dilatometro piatto.

3.8.3 ALTRE PROVE IN SITO

3.8.3.1 Prova di carico su piastra da eseguirsi su terreno naturale, su riempimenti compattati o su rilevati, per la determinazione del modulo di deformazione dell'ammasso terroso.

La prova consiste nel sovraccaricare con incrementi successivi e regolari una piastra rigida, circolare, poggiata sulla superficie del terreno misurando il cedimento corrispondente ad ogni gradino di carico.

A. Attrezzatura

L'attrezzatura da impiegarsi è la sottoelencata:

- piastra circolare in acciaio, rigida, caratterizzata da:
  - ➢ diametro: $\varnothing = 300 \pm 1$ mm
  - ➢ spessore: $Sp \geq 20$ mm
- martinetto di carico (idraulico o meccanico) di portata pari ad almeno 50 kN;
- dinamometro (meccanico o idraulico) di portata pari ad almeno 50 kN e sensibilità pari a 0,5 kN;
- scatola cilindrica metallica dotata al suo interno di una superficie piana di appoggio della punta del comparatore;
- cerniera sferica per il centramento del carico;
- prolunga costituita da più aste cilindriche avvitate tra loro;
- comparatori per la lettura dei cedimenti con sensibilità di 0,01 mm e capacità di lettura di almeno 10 mm;
- braccio/i snodabile/i porta comparatore/i con dispositivo a vite micrometrica per l'azzeramento del comparatore;
- trave rigida di sostegno dei bracci porta-comparatori, di lunghezza pari a 2,5 m e con supporti alle estremità per l'appoggio al terreno;
- struttura fissa di contrasto il cui peso sia maggiore di 2 volte la forza massima totale da applicare sulla piastra, secondo il programma di prova;
- contasecondi, filo a piombo, livella a bolla, termometro con sensibilità di 1°C.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

B. Operazioni preliminari

B1. Preparazione del terreno

La piastra sarà poggiata su terreno con contenuto d'acqua naturale, non disturbato in forma alcuna, ripulito a mano da qualsiasi detrito, copertura o ciottolo sporgente.

Il terreno sarà, se necessario, regolarizzato con un sottile spessore di sabbia o altro materiale incoerente (tutto passante al setaccio da 2 mm), per ottenere una superficie piana e orizzontale.

La orizzontalità della piastra, una volta posta sul piano di prova, sarà verificata con livella a bolla.

Se la prova deve essere eseguita su una superficie già ricoperta da altro strato, sarà necessario praticare uno scavo le cui pareti siano ad una distanza minima di 30 cm dal bordo della piastra.

In ogni caso gli ultimi 15÷20 cm dello scavo eventualmente previsto devono essere eseguiti manualmente avendo cura di non calpestare l'area in cui deve essere eseguita la prova.

B2. Assemblaggio

Per l'esecuzione della prova è necessario utilizzare un contrasto fisso che fornisca un carico pari ad almeno il doppio di quello massimo da esercitare sulla piastra.

L'attrezzatura può essere montata secondo due diversi schemi in funzione della disposizione dei singoli elementi al di sopra della scatola cilindrica posta subito a contatto della piastra:

1) piastra → scatola cilindrica → martinetto → dinamometro→ asta di prolunga;
2) piastra → scatola cilindrica → asta di prolunga → dinamometro → martinetto.

Nel primo caso la struttura di contrasto sarà a contatto con l'asta di prolunga, mentre nel secondo caso il contrasto poggerà direttamente sul martinetto.

La prova può essere eseguita secondo due diverse modalità in funzione del numero di comparatori utilizzati per il rilievo dei cedimenti.

1) Con un comparatore.

Bloccata la cerniera sferica, si applica sopra la piastra la scatola cilindrica sistemando al suo interno il comparatore con la punta appoggiata sull'apposita sede nella parte inferiore.

Il braccio porta comparatore viene fissato alla trave di sostegno i cui appoggi devono essere ubicati a distanza di almeno 1 m per la piastra e di 0,50 m per le ruote della struttura di contrasto.

2) Con tre comparatori

Rispetto alla procedura precedente la scatola cilindrica, se utilizzata, ha funzione unicamente di irrigidimento della piastra.

La cerniera sferica deve essere posizionata tra la struttura di contrasto e la prolunga.

I tre comparatori, per mezzo di appositi bracci, devono essere disposti a 120° sul perimetro della piastra, a circa 5 mm dal bordo.

C. Modalità esecutive

Assemblata l'attrezzatura, si eseguirà la prova previa l'applicazione di un carico di assestamento di almeno 0,02 N/mm^2 comprendente il peso dell'apparecchiatura gravante sulla superficie di prova.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Esauriti i cedimenti, si azzera/no il/i comparatore/i e si porta il carico a 0,05 N/mm^2 effettuando la prima lettura e applicando successivi incrementi di carico non appena il cedimento, corrispondente ad un determinato carico, risulti inferiore a 0,02 mm/minuto.

Nel caso in cui il cedimento sia maggiore di 0,02 mm/minuto si dovrà mantenere lo stesso carico per un ulteriore intervallo di tempo e rileggere i/il valori/e ai/l comparatori/e fino al raggiungimento della condizione precedentemente citata.

Nel caso di impiego di tre comparatori deve essere presa in considerazione la media delle tre letture effettuata per ciascun livello di carico.

Con il primo ciclo della prova di carico si determina il modulo M_d (indicativo della portanza) mentre con il secondo ciclo si determina il modulo M'_d necessario per definire il grado di costipamento dello strato in esame.

a) Primo ciclo

Si dovrà seguire il seguente schema operativo:

- per terreni di sottofondo e per strati di rilevato: incrementi di carico di 0,05 N/mm² fino ad una pressione massima di 0,2 N/mm²;
- per strati di fondazione e per strati di base: incrementi di carico di 0,1 N/mm² fino a pressioni massime rispettivamente di 0,35 e 0,45 N/mm².

Raggiunta la pressione massima si esegue lo scarico:

- completo se occorre determinare solo il modulo Md;
- fino alla pressione di 0,05 N/mm² se occorre determinare anche il modulo M'd e quindi eseguire il secondo ciclo di carico dopo avere rilevato il cedimento residuo.

b) Secondo ciclo

Si dovrà seguire il seguente schema operativo:

- per terreni di sottofondo e per strati di rilevato: incrementi di carico di 0,05 N/mm² fino alla pressione massima di 0,15 N/mm²;
- per strati di fondazione e per strati di base: incrementi di carico di 0,1 N/mm2 fino alle pressioni massime rispettivamente di 0,25 e 0,35 N/mm².

Al termine della prova deve essere prelevato un campione rimaneggiato di terreno in prossimità del punto di prova allo scopo di determinarne le caratteristiche fisiche con particolare riferimento all'umidità.

In corrispondenza di terreni di sottofondo dovrà essere verificata la natura del terreno per uno spessore di 50 cm al fine di controllare l'eventuale presenza di ciottoli o blocchi di dimensioni > 10 cm al di sotto della piastra di prova. In caso positivo la prova dovrà essere ripetuta in un altro posto.

In corrispondenza di strati di fondazione o di base la dimensione massima dell'aggregato nel punto di prova non deve superare 10 cm.

I moduli di deformazione Md e M'd dovranno essere calcolati nei seguenti intervalli di carico:

- per terreni di sottofondo e strati di rilevato: tra 0,05 e 0,15 N/mm²;
- per strati di fondazione: tra 0,15 e 0,25 N/mm²;
- per strati di base: tra 0,25 e 0,35 N/mm².

In campo ferroviario si deve fare riferimento alla fondazione del rilevato ovvero gli strati di bonifica, agli strati del corpo del rilevato ed allo strato fortemente compattato (supercompattato) costituente l'ultimo strato del rilevato.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Pertanto i relativi moduli di deformazione Md e M'd dovranno essere calcolati nei seguenti intervalli di carico:

- per gli strati di fondazione (ovvero strati di bonifica): tra 0,05 e 0,15 N/mm²;
- per gli strati del corpo dei rilevati: tra 0,15 e 0,25 N/mm²;
- per lo strato fortemente compattato: tra 0,25 e 0,35 N/mm².

Il modulo di deformazione M_d (M'_d) (N/mm^2) deve essere calcolato nell'intervallo di pressione da considerare in accordo alla formula:

$$M_d(M'_d) = \frac{\Delta p}{\Delta s} \cdot D$$

Dove:

Δp = incremento di carico unitario (N/mm²);

Δs = cedimento corrispondente all'incremento di carico (mm);

D = diametro della piastra (mm).

A richiesta delle Ferrovie la prova potrà essere eseguita con le stesse modalità sopra descritte con una piastra con diametro da 60 cm.

Documenti da consegnare.

La documentazione da fornire comprenderà, per ciascuna prova:

- informazioni generali (cantiere, n° prova, profondità, diametro piastra, data);
- planimetria, in scala idonea, con ubicazione della prova;
- tabelle con letture di cantiere del/i comparatore/i, per ciascun gradino di carico;
- diagramma carichi-cedimenti;
- calcolo dei moduli di deformazione Md e M'd
- certificato di taratura del dinamometro di misura non anteriore di 3 mesi la data di inizio prove.

Riferimenti normativi:

- CNR-BU n. 146-1992. Determinazione dei moduli di deformazione Md e M'd mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare.

3.8.3.2 Prova di carico su piastra da eseguirsi su terreno naturale, su riempimenti compattati o su rilevati, per la determinazione del modulo di reazione k.

La prova consiste nel sovraccaricare con incrementi successivi e regolari una serie di quattro piastre rigide, circolari, di diametro variabile da 300 a 760 mm, poggiate sulla superficie del terreno misurando il cedimento corrispondente ad ogni gradino di carico.

A. Attrezzatura

Per l'esecuzione della prova è necessaria la seguente attrezzatura:

- Serie di piastre circolari con le seguenti caratteristiche:
  - 1 piastra da 760 ± 1 mm di diametro, spessore ≥ 25 mm;
  - 1 piastra da 600 ± 1 mm di diametro, spessore ≥ 25 mm;
  - 1 piastra da 450 ± 1 mm di diametro, spessore ≥ 20 mm;
  - 1 piastra da 300 ± 1 mm di diametro, spessore ≥ 20 mm;
- una testa a snodo dotata di una cerniera sferica per il centramento del carico, bloccabile durante le operazioni d'installazione dell'attrezzatura;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- un martinetto meccanico o idraulico della portata di circa 40 kN;
- un dinamometro meccanico o idraulico della portata di circa 40 kN con una sensibilità ≥ 50 daN;
- una prolunga costituita da più aste cilindriche avvitate tra loro in modo da consentire diverse lunghezze;
- tre comparatori centesimali con una corsa di 10 mm e sensibilità di 0,01 mm;
- tre bracci metallici snodabili porta-comparatori, dotati di un dispositivo a vite micrometrica per l'azzeramento dei comparatori;
- una trave di sostegno dei bracci porta-comparatori, sufficientemente rigida, della lunghezza di circa 5 m, munita di due supporti per l'appoggio sul terreno;
- un contasecondi , un filo a piombo, una livella a bolla e un termometro con sensibilità di 1°C (scala compresa tra –10°C e + 60°C circa).

B. Operazioni preliminari

B1. Preparazione del terreno

Le piastre saranno poggiate su terreno con contenuto d'acqua naturale, non disturbato in forma alcuna, ripulito a mano da qualsiasi detrito, copertura o ciottolo sporgente.

Il terreno sarà, se necessario, regolarizzato con un sottile spessore (≤ 6 mm) di sabbia o altro materiale incoerente (tutto passante al setaccio da 2 mm), per ottenere una superficie piana e orizzontale.

Gli ultimi 15÷20 cm dello scavo eventualmente previsto devono essere eseguiti a mano avendo cura di non calpestare l'area in cui deve essere eseguita la prova.

La orizzontalità delle piastre, una volta posate sul piano di prova, dovrà essere verificata con livella a bolla.

B2. Assemblaggio

L'attrezzatura di prova può essere montata secondo due schemi a seconda della convenienza di fissare preliminarmente il martinetto, il dinamometro e la prolunga alla struttura di contrasto.

Nel primo schema di montaggio, a partire dall'alto, si ha la struttura di contrasto, la testa a snodo, il martinetto, il dinamometro e l'asta di prolunga a diretto contatto con le piastre.

Nel secondo schema di montaggio, a partire dall'alto, si ha la struttura di contrasto, la testa a snodo, l'asta di prolunga, il dinamometro ed il martinetto a diretto contatto con le piastre.

La piastra da 760 mm dovrà essere posizionata curando che il contatto con il terreno sia il più possibile completo allo scopo di realizzare la migliore uniformità di carico; successivamente si sovrappongono le altre tre piastre, verificando la centratura delle stesse rispetto alla prima.

La testa a snodo dovrà essere fissata alla struttura di contrasto bloccando la cerniera sferica.

Una volta montata l'apparecchiatura di prova, si provvede alla sistemazione dei bracci porta-comparatori curando che le punte dei tre comparatori siano a contatto della piastra da 760 mm su direttrici radiali disposte a 120°.

I bracci dei comparatori devono essere fissati alla trave i cui appoggi devono distare dal centro della piastra e dai supporti della struttura di contrasto di almeno 2,50 m.

Completata l'installazione si dovrà verificare la verticalità della struttura (martinetto, dinamometro, asta di prolunga e testa a snodo).

Per l'esecuzione della prova è necessaria una struttura di contrasto fissa che può essere costituita dal telaio di un autocarro adeguatamente zavorrato.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

C. Modalità esecutive

Per iniziare la prova si dovrà sbloccare la cerniera sferica e seguire la procedura di seguito descritta:

- applicare un carico di assestamento di 0,1 daN/cm² (10 kPa);
- aspettare che le deformazioni siano esaurite ed eseguire le letture ai tre comparatori (valore medio Lo);
- applicare un carico di 0,8 daN/cm² (80 kPa);
- aspettare che le deformazioni siano esaurite ed eseguire le letture ai tre comparatori (valore medio L);
- scaricare, rimuovere l'apparecchiatura e prelevare un campione di terreno al di sotto della piastra per la determinazione dell'umidità.

Il modulo di reazione k si ottiene dalla seguente correlazione:

$$k = \frac{0,7}{L - Lo}$$

dove la differenza "L-Lo" è espressa in centimetri.

Le deformazioni si intendono esaurite quando il loro incremento è inferiore a 0,02 mm/minuto.

Se è previsto che in condizioni di esercizio il terreno sia saturo, la prova dovrà essere eseguita saturando preliminarmente il terreno stesso.

Documenti da consegnare

La documentazione da fornire comprenderà, per ciascuna prova:
- informazioni generali (cantiere, n° prova, data);
- planimetria con ubicazione della prova;
- caratteristiche delle attrezzature impiegate e schema di installazione adottato;
- tabella con le letture di cantiere dei comparatori, per ciascun gradino di carico;
- calcolo del modulo di reazione;
- certificato di taratura del dinamometro di misura non anteriore di 3 mesi la data di inizio prove.

Riferimenti normativi:

- CNR-BU n. 92-1983. Determinazione del modulo di reazione "k" dei sottofondi e delle fondazioni in misto granulare.

3.8.3.3 Prova di densità in sito con il metodo della sabbia calibrata, eseguita anche in pozzetto, compresa la fase preliminare di calibrazione della sabbia da eseguirsi in laboratorio.

La prova determina il peso specifico apparente di una terra in sito attraverso il rapporto tra il peso della terra nella sua sede ed il suo volume.

A. Attrezzatura

L'attrezzatura necessaria è costituita da:
- volumometro a sabbia costituito da un recipiente, in materiale trasparente, con un tappo a vite fornito di una prolunga costituita da un raccordo conico, da un rubinetto con orifizio di diametro > 10 mm e da un imbuto;
- piastra circolare di base con foro centrale munito di battente per l'alloggiamento dell'imbuto;
- stampo cilindrico di volume noto, di diametro uguale a quello dell'imbuto e di altezza compresa tra 1 e 1,5 volte il diametro;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- sabbia pulita e asciutta passante al setaccio da 2 mm e trattenuta da quello da 0,4 mm;
- bilancia della portata di 10 kg con sensibilità 1 g;
- apparecchiatura per la determinazione dell'umidità;
- attrezzi per scavare la buca di prova;
- sacchetti e contenitori per campioni di terra.

B. Operazioni preliminari

Prima dell'esecuzione della prova dovrà essere verificata la taratura dell'apparecchio eseguendo:
- la determinazione del peso di sabbia (P) che riempie l'imbuto ed il foro della piastra di base;
- la determinazione del peso di volume della sabbia impiegata.

Per la determinazione del peso di sabbia occorre:
a) riempire di sabbia il recipiente e determinare il peso del recipiente pieno (P1);
b) appoggiare la piastra di base su una superficie orizzontale;
c) sistemare il volumometro rovesciato con il rubinetto chiuso sulla piastra di base;
d) aprire il rubinetto e lasciare uscire la sabbia evitando scuotimenti; quando la sabbia ha cessato di uscire chiudere il rubinetto, rimuovere il recipiente del volumometro e pesarlo con la sabbia rimasta (P2);
e) il peso di sabbia (P) è dato dalla differenza tra P1 e P2.

Per la determinazione del peso di volume della sabbia impiegata (γ) si deve:
a) riempire di sabbia il recipiente del volumometro e determinare il peso del recipiente pieno (P3);
b) disporre lo stampo cilindrico di volume noto, vuoto, su una superficie piana orizzontale e sovrapporre ad esso la piastra di base;
c) porre il volumometro rovesciato e con il rubinetto chiuso sulla piastra di base;
d) aprire il rubinetto e lasciare uscire la sabbia evitando scuotimenti; quando la sabbia ha cessato di uscire si dovrà chiudere il rubinetto e rimuovere il volumometro;
e) pesare il recipiente del volumometro con la sabbia rimasta (P4);
f) il peso di sabbia che ha riempito l'imbuto, il foro della piastra di base e lo stampo è dato dalla differenza tra il valore P3 e P4;
g) il peso della sabbia contenuta nello stampo è dato dalla differenza tra il valore (P3-P4) e P1;
h) il peso di volume γ della sabbia è dato dal rapporto tra il peso della sabbia che riempie lo stampo ed il volume dello stampo.

C. Modalità esecutive

Il metodo trova applicazione generale purché la dimensione massima dei granuli della terra non sia superiore ad un quinto (1/5) del diametro del foro della piastra utilizzata.

Le sequenze operative di prova sono le seguenti:
1) riempimento del recipiente del volumometro con la sabbia e determinazione del peso del recipiente pieno;
2) spianatura, senza compressione, della superficie dello strato in cui si vuole eseguire la prova e fissaggio della piastra di base sul piano così preparato;
3) all'interno della circonferenza del foro centrale della piastra, esecuzione di una buca di profondità approssimativamente uguale al suo diametro;
4) posizionamento del volumometro rovesciato, con il rubinetto chiuso, sulla piastra di base e apertura del rubinetto facendo defluire la sabbia;
5) chiusura del rubinetto e rimozione del recipiente quando la sabbia ha finito di defluire;
6) pesatura del recipiente con la sabbia rimasta e determinazione, per differenza dal peso del recipiente pieno, del peso di sabbia impiegata per la misura (P_f);
7) pesatura della terra estratta dal foro scavato (P_u);

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

8) prelievo di un campione nel materiale scavato, per la determinazione dell'umidità

Il volume in sito del terreno estratto si ottiene dalla seguente espressione:

$$V = \frac{P_f - P}{\gamma}$$

dove:
Pf = peso in kg della sabbia uscita dal recipiente (punto C.6);
P = peso in kg della sabbia necessaria per riempire l'imbuto;
γ = peso di volume della sabbia.

La densità del terreno in sito all'umidità naturale è data da:

$$\gamma = \frac{Pu}{V}(kg / dm^3)$$

dove:
P_u = peso della terra, alla umidità naturale, estratta dalla buca (kg)
V = volume della buca (dm^3)

Documenti da consegnare

La documentazione da fornire comprenderà, per ciascuna prova:
1) informazioni generali (cantiere, n° prova, ubicazione planimetrica, data);
2) descrizione della strumentazione impiegata e delle tarature eseguite;
3) risultati delle prove eseguite.

Riferimenti normativi:

- CNR-BU n. 22-1972. Peso specifico apparente di una terra in sito.
- ASTM D1556-00. Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand Cone Method.

3.8.3.4 Prova di densità in sito con il metodo del volumometro a membrana, eseguita anche in pozzetto.

La prova serve a determinare la densità in sito di un volume di terreno attraverso il rapporto tra il suo peso ed il suo volume misurato facendo aderire alle pareti del cavo una sottile membrana elastica

A. Attrezzatura

L'attrezzatura necessaria è costituita da:

- volumometro costituito da un recipiente calibrato, chiuso al fondo con una membrana flessibile ed elastica;
- stampi calibrati di taratura;
- piastra circolare di base con foro centrale provvista di battente per l'alloggiamento del volumometro;
- bilancia con portata di circa 10 kg e con sensibilità di 1 g;
- apparecchiatura per la determinazione dell'umidità;
- strumenti per scavare la buca;
- contenitori e sacchetti per campioni di terra.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

L'apparecchio dovrà permettere l'applicazione di sovraccarichi per migliorare l'aderenza al suolo.

Dovrà essere provvisto di un indicatore di volume per determinare il volume della buca in cui viene eseguita la prova, con una approssimazione non inferiore all'1%.

La membrana flessibile dovrà avere dimensioni e forma tali da aderire perfettamente alle pareti della buca e dovrà avere resistenza sufficiente per sopportare la pressione necessaria per gonfiarla fino a farla aderire alle pareti della buca stessa.

B. Operazioni preliminari

Preliminarmente all'esecuzione della prova si dovrà effettuare la taratura dell'indicatore di volume attraverso un controllo con stampi di volume noto e di dimensione all'incirca uguale a quello della buca di prova.

La procedura da seguire è la seguente:

- appoggiare la piastra di base su una superficie piana orizzontale;
- disporre il volumometro sulla piastra di base, applicare una leggera pressione all'interno dell'apparecchio ed effettuare la lettura iniziale del livello dell'acqua sull'indicatore di volume (V1);
- ripetere la misura dopo avere sovrapposto la piastra di base con il sovrastante volumometro ad uno degli stampi effettuando così la lettura finale del livello dell'acqua sull'indicatore di volume (V2);
- la differenza tra le letture V2 e V1 dovrà corrispondere al volume dello stampo tarato;
- se i due valori non corrispondono, si dovrà correggere la lettura dell'indicatore di volume.

C. Modalità esecutive

Il metodo trova applicazione generale purché la dimensione massima dei granuli della terra non sia superiore ad un quinto (1/5) del diametro del foro della piastra utilizzata e purché non si tratti di terreno molle deformabile sotto l'azione di una piccola pressione.

Per ogni misura dovranno essere eseguite almeno tre determinazioni che non differiscano tra loro oltre l'1%.

Le sequenze operative di prova sono le seguenti:

1) spianatura, senza compressione, della superficie dello strato in cui si vuole eseguire la prova e fissaggio della piastra di base sul piano così preparato;
2) posizionamento del volumometro sulla piastra di base applicando una leggera pressione all'interno dell'apparecchio fino a che non si notino più variazioni di lettura ed esecuzione della lettura iniziale del livello dell'acqua sull'indicatore di volume (V1);
3) rimozione del volumometro e, lasciando in posto la piastra di base, scavo di una buca di diametro all'incirca uguale alla circonferenza del foro centrale della piastra senza variare l'addensamento del terreno attorno alla buca; conservazione del materiale scavato;
4) posizionamento del volumometro sulla piastra ed applicazione di una pressione idonea a far aderire la membrana alla pareti della buca ed esecuzione della lettura sull'indicatore di volume V2;
5) la differenza tra la lettura V1 (punto 2) e la lettura V2 fornisce il volume della buca (V);
6) pesatura della terra estratta dal foro scavato (P);
7) prelievo di un campione nel materiale scavato, per la determinazione dell'umidità.

La densità del terreno in sito all'umidità naturale è data da:

$$\gamma = \frac{P}{V}(kg / dm^3)$$

dove:
P = peso della terra, alla umidità naturale, estratta dalla buca (kg); V = volume della buca (dm^3).

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Documenti da consegnare

La documentazione da fornire comprenderà, per ciascuna prova:

- informazioni generali (cantiere, n° prova, ubicazione planimetrica, data);
- descrizione della strumentazione impiegata e delle tarature eseguite;
- risultati delle prove eseguite.

Riferimenti normativi:

- CNR-BU n. 22-1972. Peso specifico apparente di una terra in sito.

3.8.4 PROVE IN FORO DI SONDAGGIO

3.8.4.1 Prova penetrometrica dinamica tipo SPT (Standard Penetration Test), da eseguire all'interno dei fori dei sondaggi geognostici.

Questa prova consente di determinare la resistenza di un terreno alla penetrazione dinamica di un campionatore standard infisso a partire dal fondo di un foro di sondaggio.

Di seguito si riportano le caratteristiche delle attrezzature e le modalità esecutive della prova che dovranno essere rispettate.

A. Attrezzatura

A1. Dispositivo di battitura

Il dispositivo di battitura, di peso totale non superiore a 115 kg, deve comprendere:

- una testa di battuta di acciaio avvitata sulle aste;
- un maglio di acciaio da 63,5 ± 0,5 kg;
- un dispositivo di guida e di sganciamento automatico del maglio, che assicuri una corsa a caduta libera di 0,76 m (± 0,03 m).

Non è ammesso il metodo del cabestano manovrato con la fune.

A2. Aste

Secondo AGI le aste di infissione devono avere diametro esterno ≥ 50 mm e peso pari a 7,00 ± 0,5 kg/m).

Le Ferrovie si riservano la facoltà di far adottare diametro e peso delle aste diverse da quelle sopra indicate che comunque, in accordo a quanto consigliato nella procedura ISSMFE, non dovranno superare tassativamente il peso di 10 kg/m.

Se la differenza tra il diametro esterno delle aste e il diametro interno della tubazione di rivestimento del foro è maggiore o uguale a 60 mm, devono essere usati appositi distanziatori (alette di irrigidimento) ad intervalli di circa 3 m lungo la colonna, per ridurre la flessione delle aste durante la battitura.

I distanziatori dovranno essere impiegati anche per prove eseguite a profondità superiore di 15 m.

Le aste devono essere perfettamente dritte ed in sito devono essere controllate periodicamente.

Ciascuna asta, nella sua lunghezza totale, deve presentare una flessione inferiore all'1‰.

Le aste devono essere strettamente avvitate in corrispondenza dei giunti.

A3. Campionatore Raymond

Tubo campionatore in acciaio indurito con superfici lisce, apribile longitudinalmente:

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- Diametro esterno: $\varnothing$est = 51 ± 1 mm
- Diametro interno: $\varnothing$int = 35 ± 1 mm
- Lunghezza minima escluso tagliente principale: Lmin ≥ 457 mm
- Lunghezza scarpa tagliente terminale con rastremazione negli ultimi 19 mm: I = 76 ± 1 mm

Il campionatore, nell'estremità superiore, sarà dotato di valvola a sfera e aperture di scarico a sfiato; la valvola deve essere a tenuta d'acqua nella fase di estrazione del campionatore.

La scarpa del campionatore è costituita da acciaio indurito e deve essere riparata o sostituita quando è sbeccata o distorta.

In presenza di strati di terreno con ghiaia la scarpa del campionatore Raymond potrà essere sostituita da una punta conica con diametro esterno pari a 51 mm e angolo di 60°.

L'impiego della punta conica dovrà essere preventivamente autorizzata dalle Ferrovie.

B. Modalità esecutive

Le prove devono, di norma, essere effettuate entro fori di diametro compreso tra 60 e 200 mm, alle profondità stabilite dalle Ferrovie.

Le procedure da rispettare sono le seguenti:

a) estrazione lenta degli utensili di perforazione per evitare la decompressione del terreno interessato dalla prova;
b) verificare che il fondo foro sia pulito e controllare con scandaglio la quota del fondo foro confrontandola con quella raggiunta con la manovra di perforazione o di pulizia precedentemente fatta. Se la quota misurata è più alta, per effetto di rifluimenti del fondo o per decantazione di detriti in sospensione nel fluido e se tale differenza supera 7 cm la prova non potrà essere eseguita e si dovrà procedere ad una ulteriore manovra di pulizia;
c) il fondo foro deve essere sempre al di sotto della scarpa dei tubi di rivestimento;
d) se la prova da eseguire è al di sotto del livello piezometrico, il livello del fluido nel foro dovrà essere mantenuto sempre al di sopra del livello idrostatico per assicurare l'equilibrio idraulico alla profondità della prova;
e) posizionamento a fondo foro della batteria di prova, montaggio del dispositivo di prova e annotare la penetrazione iniziale dovuta al peso dell'intero sistema;
f) segnare su una asta i tre tratti di 15 cm.

La distanza tra la testa di battuta e la sommità del rivestimento non deve essere superiore a m 1,50.

Il campionatore deve essere infisso, con un ritmo di battuta di circa 20÷30 colpi al minuto, per 3 tratti consecutivi di 15 cm determinando il numero di colpi della massa battente necessario per la penetrazione di ciascun tratto di 15 cm.

Qualora il numero di colpi per l'affondamento della punta per il primo tratto (N1) raggiunga il numero di 50 e l'avanzamento risultasse minore a 15 cm la prova si intende conclusa; in tal caso deve essere registrata la penetrazione ottenuta con i suddetti 50 colpi.

Se il tratto di avviamento è superato con N1 minore o uguale a 50 colpi, la prova prosegue ed il campionatore viene infisso per un secondo tratto di 30 cm, contando separatamente il numero di colpi necessari per la penetrazione dei primi e dei secondi 15 cm (N2 ed N3) fino al limite di 100 colpi (N2+N3=100). Se con N2 + N3 = 100 non si raggiunge l'avanzamento di 30 cm, l'infissione viene sospesa (rifiuto), la prova è considerata conclusa e viene annotata la relativa penetrazione.

L'eventuale affondamento del campionatore per peso proprio, delle aste e della testa di battuta deve essere

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

annotato ma deve essere considerato già parte integrante dei 15 cm di infissione preliminare del campionatore.

Durante l'estrazione della batteria il fluido di circolazione deve essere mantenuto costante alla quota del piano di lavoro.

Il materiale contenuto nel campionatore, dopo l'esecuzione della prova, deve essere misurato, descritto ed inserito (tralasciando la parte alta del campione) in un involucro di plastica con l'indicazione della quota di esecuzione della prova stessa e deve essere inviato al Laboratorio Geotecnico oppure, se richiesto, conservato in un luogo adatto per tutta la durata dell'indagine.

Documenti da consegnare.

Al termine dell'indagine dovrà essere consegnata la seguente documentazione:

a) per ciascuna prova eseguita:
   - quota della tubazione provvisoria di rivestimento del foro, riferita al piano di campagna;
   - quota raggiunta con la manovra di perforazione o pulizia, riferita al piano di campagna;
   - quota del fondo foro controllata con scandaglio prima di iniziare la prova (= quota inizio prova), riferita al piano di campagna;
   - affondamento per peso proprio delle aste e della testa del campionatore;
   - numero di colpi per infissione di ciascuno dei tre tratti di 15 cm, oppure penetrazione misurata dopo raggiunto il limite dei colpi;
   - peso per metro lineare delle aste impiegate;
   - lunghezza e descrizione litologica del campione estratto;
   - tipo di campionatore impiegato.

b) per ciascuna verticale indagata:
   - il grafico Nspt in funzione della profondità;
   - eventuali annotazioni dell'operatore e data di esecuzione.

Riferimenti normativi:

- ASTM - D1586-99 (2001). Standard Test Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soil.
- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione dell'indagine geotecniche.
- ISSMFE Technical Committee (1988). Standard Penetration Test (SPT: International Reference Test Procedure;
- UNI-EN-ISO 22476-3 (2012). Indagini e prove geotecniche - Prove in sito -Parte 3: Prova penetrometrica dinamica tipo SPT (Standard Penetration Test);
- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo;
- UNI ENV 1997-3 (2002) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 3: Progettazione assistita con prove in sito"

3.8.4.2 Prova pressiometrica da eseguire all'interno dei fori dei sondaggi geognostici con pressiometro tipo Menard.

La prova con pressiometro tipo Menard si esegue misurando in un punto prestabilito del foro di sondaggio la deformazione del terreno quando questi viene sollecitato mediante l'espansione radiale di una sonda cilindrica posta a contatto con le pareti del foro stesso.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

A. Attrezzatura

A1. Sonda pressiometrica

La sonda cilindrica ad espansione idraulica è costituita da una cella centrale di misura, espandibile radialmente, posta tra due celle di guardia che devono impedire, durante la prova, deformazioni della cella di misura che non siano quelle radiali.

La cella centrale di misura, piena d'acqua, è collegata ad un serbatoio in superficie che funge da separatore aria-acqua. La pressione è fornita da gas neutro (aria o azoto) e la variazione di raggio del foro, a seguito dell'espansione della membrana, viene ottenuta indirettamente misurando la variazione di volume dell'acqua nella cella centrale.

Le pareti della cella di misura consisteranno di una membrana di gomma e di un involucro deformabile esterno in grado di adattarsi alla forma progressivamente assunta dalle pareti del foro nel corso della prova. La membrana potrà essere protetta da un involucro esterno a lamelle metalliche parzialmente sovrapposte, qualora reso necessario della tipologia del terreno.

Le celle di guardia, anch'esse dotate di membrana elastica, vengono espanse mediante pressione di gas o di acqua attraverso un circuito indipendente da quello della cella centrale di misura.

Dovranno essere utilizzate sonde pressiometriche di norma di diametro pari a 44, 58 o 70 mm con un rapporto lunghezza (comprese celle)/diametro pari ad almeno 6 (sei).

A2. Apparato di espansione

L'apparato di espansione delle celle deve permettere di variare il volume e la pressione all'interno delle stesse in forma del tutto regolabile e controllabile mediante la centralina di misura.

La cella di misura sarà espansa mediante pressione idraulica; le celle di confinamento mediante pressione idraulica o di gas.

A3. Tubi di connessione

I tubi di connessione delle celle con gli apparati di espansione e di misura saranno di tipo plastico rigido, preferibilmente coassiali, con gas a pressione regolabile nell'intercapedine in modo da prevenire e contenere le variazioni di volume in corso di prova.

A4. Centralina di misura

La centralina di misura deve includere un meccanismo per l'applicazione di incrementi controllati di pressione o di volume alla cella di misura ed un regolatore della pressione del gas nelle celle di guardia.

Le pressioni applicate devono essere misurate mediante manometri di precisione con fondo scala di 2,5÷10 Mpa e risoluzione di 25 kPa nel caso dei terreni e con fondo scala di 10÷30 Mpa nel caso di rocce tenere.

Le variazioni di volume devono essere misurate mediante tubicini graduati con risoluzione di circa 1 cm^3.

Sarà presente un dispositivo per amplificare di almeno 50 volte la sensibilità di lettura delle variazioni di volume, da impiegarsi quando tali variazioni diventino inferiori a 0,5 cm^3 per incrementi di pressione di 1 bar.

B. Tarature

Prima di iniziare la prova, si procederà alla taratura del sistema determinando quanto segue:

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

B1. Perdite di pressione Pc

Le perdite di pressione sono legate alla inerzia della cella di misura che deve essere misurata espandendo la stessa alla pressione atmosferica mediante incrementi di pressione da 10 kPa ciascuno, da mantenersi per 60 sec, con letture di volume al termine di tale tempo.

Se richiesto dalle successive modalità di prova, la taratura si eseguirà con incrementi di volume della sonda pari al 5% del volume V, da applicarsi in 10 sec e mantenuti per 60 sec prima della lettura di pressione.

Queste misure dovranno essere eseguite prima di ogni prova ad ogni cambio della membrana della cella di misura.

B2. Perdite di volume Vc

Le perdite di volume dovute alla espansione dei tubi di collegamento saranno predeterminate pressurizzando progressivamente l'apparato di prova in superficie dopo aver chiuso la sonda in un contenitore metallico che ne impedisca ogni espansione, registrando pressioni e volumi.

B3. Misura del livello piezometrico

Il livello piezometrico nel foro deve essere misurato immediatamente prima della prova in foro e registrato.

C. Modalità esecutive

Prima di posizionare la sonda pressiometrica nel foro, si procederà alla accurata lettura del volume V (volume della cella di misura alla pressione atmosferica). Tutti I circuiti saranno disaerati e i manometri azzerati con sonda a piano campagna. Il circuito per il controllo dei volumi sarà quindi chiuso e la sonda calata nel foro in queste condizioni.

La profondità di prova viene assunta essere quella corrispondente al punto medio della cella di misura.

Preparato il foro, che deve essere perfettamente pulito, la sonda pressiometrica sarà posizionata alla quota indicata dal programma. In accordo alle indicazioni del programma, la prova pressiometrica potrà essere eseguita in conformità ai due metodi descritti di seguito. Si noti che la pressione che deve essere mantenuta nelle celle di confinamento laterale durante la prova deve sempre essere inferiore a quella agente all'interno della cella di misura e sarà definita in base alla espressione:

$$Pg = Pr + Pw - Pd$$

dove:
Pg = pressione celle di guardia
Pr = pressione letta al manometro
Pw = pressione idrostatica agente tra unità di misura e sonda pressiometrica a quota prova
Pd = differenza di pressione tra cella di misura e celle di guardia.

C1. Preparazione del foro

La prova pressiometrica dovrà essere eseguita esclusivamente in avanzamento.

La perforazione del tratto da sottoporre a prova deve essere eseguita con carotaggio del terreno con attrezzature e metodologie tali da ridurre al minimo il disturbo indotto nel terreno stesso.

A tal fine essa deve essere eseguita immediatamente prima di procedere alla prova pressiometrica, in modo da limitare al minimo il rigonfiamento dovuto al rilascio tensionale ed alla presenza di fluido di circolazione statico. La manovra di perforazione deve essere di lunghezza non superiore a 150 cm.

Il diametro della perforazione nel tratto di prova deve essere compreso fra 1,03 D e 1,2 D, essendo D il diametro della sonda pressiometrica.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Saranno ammesse varie tecniche di perforazione in relazione al tipo di terreno, con preferenza per il carotaggio integrale con carotieri semplici e doppi, preferibilmente con corone diamantate o comunque molto affilate, con pressione applicata all'utensile in fase di avanzamento inferiore a 200 kPa, numero di giri inferiore a 60 r.p.m. (radianti per minuto), pressione di fluido contenuta e tendenzialmente inferiore a 15 l/min. La tecnica di perforazione dovrà essere comunicata alle Ferrovie.

L'intervallo tra le prove, in uno stesso foro, non deve essere inferiore ad 1 metro.

Le letture relative alle variazioni di volume della sonda (quindi del terreno) dovranno essere effettuate dopo 30 sec e dopo 60 sec dall'applicazione dell'incremento di pressione o volume; le misure dovranno essere registrate con una precisione pari a 0,2% del volume della cella di misura in condizioni di pressione atmosferica e pari al 5% del valore della pressione limite.

C2. Metodo degli uguali incrementi di pressione

La sonda verrà posizionata e la pressione incrementata con uguali intervalli di crescita, fino a che l'espansione della cella nel corso di un incremento di carico diventa maggiore di circa ¼ dell'originale volume della cella di misura. I valori di ciascun incremento dovranno essere in accordo al programma o definiti nel corso della prova stessa, e comunicati alle Ferrovie; in ogni caso si raccomanda l'impiego di un numero minimo di 7÷10 incrementi.

E' richiesta, inoltre, l'esecuzione di almeno un ciclo di scarico-ricarico in corrispondenza del termine del tratto a comportamento elastico; il ciclo dovrà comprendere almeno n. 1 gradino di scarico (pari in genere al 25% della pressione raggiunta e comunque inferiore al 50%) e n. 2 gradini di ricarico.

I cicli di carico/scarico/ricarico dovranno essere approvati dalle Ferrovie.

C3. Metodo degli uguali incrementi di volume

La sonda verrà posta in posizione ed il volume della cella di misura aumentato con incrementi uguali, di valore pari a 0,05÷0,1 volte il volume iniziale V, fino ai limiti naturali dell'apparato di prova.

Analogamente a quanto richiesto al punto C2. dovrà essere eseguito almeno un ciclo di scarico-ricarico nel tratto a comportamento elastico.

Raggiunti i massimi valori di pressione o di volume, la sonda sarà depressurizzata e riportata in superficie.

Documenti da consegnare

Per ogni prova dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

a) Certificato di prova recante indicazione su:
   - cantiere e numero di sondaggio;
   - profondità di prova;
   - descrizione delle modalità di perforazione e del diametro relativo;
   - descrizione stratigrafica del terreno nell'intervallo di prova;
   - livello piezometrico;
   - curve di taratura per le perdite di pressione e di volume;
   - tabella delle letture a 30" e a 60";
   - tabella con le letture volumetriche a 30" e a 60" dall'applicazione dell'incremento di pressione;
   - curva di cantiere con i valori non corretti di pressione (kPa) e volume a 60" (cm3);
   - curva pressiometrica (valori corretti);
   - curva di creep;
   - determinazione di v0 (volume iniziale) e p0 (pressione iniziale);
   - determinazione di vF (volume di scorrimento o fluage) e pF (pressione di scorrimento o fluage);

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- calcolo del modulo pressiometrico con indicazione degli intervalli di pressione e volume utilizzati (nel caso di prova con ciclo di scarico-ricarico dovrà essere calcolato anche il modulo nell'asola disegnata dal ciclo eseguito);
- calcolo della pressione limite pL, con indicazione del metodo utilizzato e relativo grafico;
- note su qualsiasi variazione rispetto alle modalità di prova;
- calcolo della resistenza al taglio (angolo di attrito, coesione);
- descrizione del tempo atmosferico e della temperatura;
- copia dei certificati di taratura dei manometri, non anteriori di 6 mesi alla data di esecuzione della prova.

Riferimenti normativi:

- ASTM D4719-00. Standard Test Method for Prebored Pressuremeter Testing in Soils.
- UNI-EN-ISO 22476-4 (2013). Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 4: Prova con pressiometro Menard;
- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo;
- UNI ENV 1997-3 (2002) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 3: Progettazione assistita con prove in sito"

3.8.4.3 Prova scissometrica da eseguire all'interno dei fori dei sondaggi geognostici.

La prova scissometrica misura la resistenza al taglio non drenata nei terreni coesivi saturi; si esegue inserendo nel terreno naturale una paletta-scissometro con sezione a croce greca e misurando lo sforzo torsionale che occorre applicare per portare a rottura il terreno stesso.

A. Attrezzatura

A1. Palette e aste di collegamento

Le palette devono essere costituite da 4 lame rettangolari, ortogonali, di lamiera d'acciaio saldate lungo uno dei lati maggiori. Le dimensioni delle palette scissometriche devono essere tali da avere un rapporto altezza/ lato uguale a 2. Il lato sarà compreso tra 45 e 100 mm e lo spessore della paletta sarà tale che la sezione a croce della paletta non deve superare il 10% dell'area della base del cilindro generato dalla sua rotazione.

La paletta è collegata alla superficie mediante una batteria di aste d'acciaio.

Le aste devono presentare elevate caratteristiche di rigidezza a torsione e a flessione affinché gli sforzi applicati all'estremità superiore vengano trasmessi integralmente a quella inferiore, cioè alla paletta.

A2. Rivestimento

I tubi di rivestimento svolgono le seguenti funzioni:

- irrigidimento della batteria di aste;
- reazione allo sforzo di torsione applicato in superficie;
- trasmissione della spinta verticale necessaria per l'infissione del dispositivo alla profondità richiesta.

Le aste di collegamento devono ruotare senza attriti all'interno del rivestimento; la centratura delle due batterie dovrà essere garantita dalla presenza di centratori a cuscinetti a sfera posizionati ogni 2÷3 metri circa di batteria.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

A3. Strumento di torsione

Lo strumento di torsione viene applicato all'estremità superiore della batteria di aste che collegano la paletta - scissometro ed è collegato all'estremità della batteria di rivestimento (per la necessaria reazione); per mezzo di questo strumento si applicano e si misurano mediante un dinamometro gli sforzi di torsione necessari per portare a rottura il terreno in corrispondenza della paletta.

Lo strumento di torsione deve possedere i seguenti requisiti:

- impermeabilità all'acqua;
- sensibilità < 1% dello sforzo massimo applicabile;
- indicatore del massimo sforzo raggiunto nella prova;
- indifferenza alle variazioni della temperatura ambiente.

B. Controlli e modalità esecutive

Prima di eseguire la prova deve essere accertato che l'estremità inferiore dell'apparecchio sia in perfetta efficienza.

In particolare si deve controllare che:

- l'asta inferiore e la paletta ad essa saldata siano verticali e senza distorsioni;
- il tubetto che protegge l'astina dagli attriti del terreno sia perfettamente calibrato;
- i cuscinetti reggispinta e l'intercapedine tra paletta e relativa "protezione" siano pieni di grasso.

Prima di eseguire la prova deve essere consegnato alle Ferrovie un certificato di taratura dello strumento in data non anteriore a 6 mesi a quella di esecuzione della prova.

La prova deve essere eseguita con le seguenti modalità:

- infiggere la batteria, con paletta alloggiata nella scarpa di protezione, nel terreno fino a 50 cm sopra la quota stabilita per la esecuzione della prova;
- infiggere la sola paletta nel terreno, agendo sulla batteria di aste interne, fino a fine corsa (circa 50 cm);
- bloccare in sommità la batteria di rivestimento;
- applicare lo strumento di torsione e controllare il suo perfetto azzeramento;
- applicare il momento torcente fino a raggiungere il suo valore massimo (resistenza a rottura del terreno) annotando la lettura (Mmax);
- togliere lo strumento di torsione e ruotare la batteria di aste, e quindi la paletta, per 10 giri completi; questa operazione deve essere svolta rapidamente e senza spostamenti verticali della batteria;
- attendere 1÷2 minuti primi;
- riapplicare lo strumento di torsione e ripetere la prova fino a nuova rottura del terreno annotando la lettura massima (MR) corrispondente alla resistenza in condizioni di completo rimaneggiamento;
- togliere la testa di torsione e riportare la paletta all'interno della scarpa di protezione.

Nel corso della prova, la velocità di rotazione della paletta deve essere mantenuta costante e pari a circa 6° al minuto primo; inoltre per tenere conto della torsione delle aste, deve essere applicata una velocità di rotazione di 6° al minuto primo, per prove superficiali, aumentando tale velocità di circa 1° al minuto primo ogni 5 m di maggiore profondità. La paletta da impiegare deve essere scelta in base alla prevedibile resistenza del terreno, tenendo presente che deve, per quanto possibile, operare nella zona centrale del quadrante dello strumento di torsione.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Documenti da consegnare.

Per ogni prova deve essere fornito la seguente documentazione finale:

- cantiere e numero di sondaggio ed ubicazione planimetrica;
- profondità della prova dalla bocca foro;
- diametro e profondità raggiunta dal rivestimento;
- tipo di attrezzatura usata e certificato di taratura del dispositivo di torsione non anteriore di 6 mesi dalla data di esecuzione della prova;
- dimensioni delle palette;
- letture allo strumento di torsione e/o grafici sforzo/deformazione;
- valori della resistenza massima e residua determinata dopo rimaneggiamento del terreno;
- descrizione geotecnica, previo carotaggio di taratura, del tratto di terreno provato;
- osservazioni e note.

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche;
- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo;
- UNI ENV 1997-3 (2002) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 3: Progettazione assistita con prove in sito".

3.8.4.4 Prova di fratturazione idraulica, da eseguire all'interno di fori di sondaggi geognostici, per la determinazione in sito dello stato di sollecitazione di un ammasso roccioso.

Questa prova serve a determinare lo stato di sollecitazione naturale di un ammasso roccioso mediante l'applicazione, in un tratto di foro di sondaggio isolato con due otturatori, di una pressione idraulica mediante una portata costante di fluido.

A. Attrezzatura

L'attrezzatura deve essere costituita almeno dai seguenti componenti:

- un doppio packer gonfiabile ad alta pressione (sonda di fratturazione); la distanza tra i due packer deve essere pari a 6 volte il diametro del foro; i due otturatori devono essere collegati sia meccanicamente che idraulicamente;
- un packer per rilievo di impronta munito di bussola elettronica e rivestito di un apposito strato di gomma sostituibile (packer ad impressione); in alternativa può essere impiegata una telecamera da foro che rilevi l'immagine della frattura;
- una unità di comando per la pressurizzazione degli otturatori e della sezione di prova;
- pompa volumetrica (0-70 MPa; 0-25 lt/min) e tubi flessibili ad alta pressione;
- sistema per la misura della portata;
- un sistema di acquisizione analogico/digitale dei dati pressione-tempo e portata-tempo;
- sistema per il posizionamento dell'attrezzatura nella verticale di prova (aste di perforazione, aste di guida o cavo d'acciaio).

La pressione può essere misurata sia con trasduttori di fondo foro situati nella sonda di fratturazione sia con trasduttori posti in superficie all'uscita della pompa.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

B. Modalità esecutive

Il foro di sondaggio dovrà essere perforato in presenza di roccia preferibilmente con l'uso di corona diamantata eseguita in modo da garantire che la parete del foro stesso sia il più possibile liscia e di forma uniformemente circolare. La sezione di prova dovrà essere costituita da roccia sana non fratturata e dovrà essere scelta dopo accurata osservazione delle carote estratte oppure dopo aver ispezionato l'interno del foro con una telecamera.

Le fasi esecutiva della prova dovranno rispettare il seguente schema:

a) introdurre il doppio pacher nel foro e posizionarlo alla profondità di prova;

b) gonfiare il doppio packer, pompando acqua attraverso la pompa ad alta pressione, fino a farlo aderire alla parete del foro (normalmente è sufficiente una pressione dei packer di 3 MPa);

c) pompare acqua nella sezione di prova ad una portata costante, in funzione della permeabilità della roccia (a permeabilità elevata, portata elevata e viceversa), in modo da raggiungere la fratturazione idraulica in un minuto a partire dall'inizio dell'incremento di pressione. Nella fase di pressurizzazione della sezione di prova la pressione nei due packer dovrà essere più elevata di circa 2 MPa rispetto al tratto di prova in modo da evitare eventuali perdite. L'innesco di una frattura idraulica si manifesterà con una brusca caduta di pressione nella sezione di prova. Ai primi segnali di tale fenomeno deve essere interrotta l'iniezione di fluido per valutare la pressione di innesco della frattura. La pressione corrispondente all'innesco della fratturazione sarà definita come pressione critica o di rottura;

d) a seguito dell'interruzione del pompaggio dell'acqua nel tratto di prova si registrerà un abbassamento della pressione fino ad una valore stabile corrispondente alla pressione di chiusura (shut-in pressure) della frattura;

e) ripetere il procedimento di cui ai punti b), c) e d), usando la stessa portata, altre due volte, registrando i corrispondenti valori di pressione di riapertura (o pressione di rottura secondaria) e di chiusura della frattura.

Durante l'intera prova dovranno essere registrati in continuo i dati pressione-tempo e portata-tempo da riportare su un doppio grafico.

Alla fine della prova il doppio otturatore dovrà essere sgonfiato riportandolo al diametro originale. L'otturatore potrà quindi essere riportato in superficie oppure potrà essere posizionato in corrispondenza di una nuova sezione di prova.

Per determinare l'orientamento della fratturazione idraulica (rilievo dell'impronta di frattura) il metodo più comune prevede l'impiego di un packer per rilievo di impronta che dovrà essere gonfiato ad una pressione più elevata della pressione di rottura (o di chiusura) secondaria: in tal modo il packer aprirà leggermente la idro-frattura e permetterà alla membrana di gomma di prendere una buona impronta della frattura.

Per mezzo di una bussola magnetica o di un giroscopio da foro si determinerà l'azimut di un punto fisso del packer.

Dopo circa 30÷60 minuti dalla pressurizzazione, l'otturatore può essere sgonfiato e recuperato, rilevando l'impronta della frattura e determinandone l'orientamento rispetto a Nord facendo riferimento al punto fisso del packer.

Per il calcolo delle pressioni principali si dovrà seguire quanto riportato nelle norme di riferimento in funzione dell'orientamento della idro-frattura (verticale, verticale e orizzontale, orizzontale, inclinata).

I campioni di roccia prelevati nella sezione di prova verranno utilizzati per l'esecuzione della prova di trazione (diretta, indiretta o prova Brasiliana) indispensabile per l'acquisizione dei parametri necessari all'interpretazione corretta della prova in sito.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

I valori di pressione riportati equivalgono a quelli registrati durante la prova se la misura delle pressioni viene effettuata con trasduttori di profondità; se viceversa la misura viene effettuata in superficie bisogna aggiungere ai valori misurati il valore del carico idraulico corrispondente alla colonna d'acqua presente (nei tubi) tra la superficie e la profondità di prova.

Documenti da consegnare

Al termine delle prove deve essere consegnata la seguente documentazione:

a) Relazione conclusiva interpretativa dei risultati ottenuti contenente tra l'altro:
   - informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
   - direzione ed immersione del sondaggio;
   - metodo e diametro di perforazione;
   - livello piezometrico della falda;
   - profondità della sezione di prova;
   - descrizione della roccia nella sezione di prova;
   - caratteristiche della attrezzatura impiegata per la prova;
   - descrizione della procedura di prova;
   - grafici pressione/tempo e portata/tempo e descrizione dei metodi utilizzati per determinare Ps ,Pf e Pr se tali valori non sono chiaramente determinabili dai grafici;
   - tabelle dei valori di Ps , Pf , Pr e Po , dei valori calcolati degli sforzi orizzontali massimo smax (sigma massimo) e minimo smin (sigma minimo) e delle direzioni degli sforzi;
   - rappresentazione grafica orientata degli sforzi principali;
   - descrizione del metodo utilizzato per il calcolo di smax;
   - eventuali risultati delle prove di resistenza a trazione (diretta o indiretta) di laboratorio;
   - eventuali note ed osservazioni;
   - copia del certificato di taratura del trasduttore di pressione di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

Riferimenti normativi:

- ASTM D4645-87 (1997). Standard Test Method for Determination of the In-Situ Stress in Rock Using the Hydraulic Fracturing Method.
- ISRM (1987). Suggested methods for rock stress determination.

3.8.4.5 Prova dilatometrica in roccia, da eseguire all'interno di fori di sondaggi geognostici, per la determinazione in sito delle caratteristiche di deformabilità di un ammasso roccioso.

La prova permette la determinazione delle caratteristiche di deformabilità della roccia in un foro di sondaggio mediante l'applicazione di un carico alle superfici laterali del foro e la misura degli spostamenti indotti.

A. Attrezzatura

L'attrezzatura da impiegare dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- sonda dilatometrica di diametro compreso tra 75 e 100 mm e di lunghezza ≥ 1000 mm, in modo che la lunghezza efficace sia pari a 5÷15 diametri; la sonda sarà costituita da un corpo cilindrico di acciaio rivestito da una guaina di gomma armata abbastanza flessibile da trasmettere almeno il 90% della pressione idraulica applicata;
- tubo di calibrazione di proprietà elastiche note, con un diametro interno uguale a quello del foro di prova e di lunghezza simile alla lunghezza attiva della sonda;
- comparatore centesimale per la misura del diametro esterno della sonda dilatometrica, con una precisione non inferiore a ± 0,01 mm;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- sorgente di pressione ((bombola d'azoto o pompa idraulica) e cavi di collegamento in grado di riempire, gonfiare e sgonfiare la sonda e di applicare e mantenere i valori delle pressioni richiesti;
- sistema di regolazione della pressione in grado di mantenere costante la pressione applicata;
- sistema per la misurazione degli spostamenti, in grado di determinare il diametro del foro con una precisione di 1 μm, costituito da almeno 3 trasduttori di spostamento (LVDT) con fondo scala non inferiore a 25 mm, posizionati su piani diversi nella parte centrale della sonda, disposti in posizione diametrale a 60° (o 45° nel caso di 4 trasduttori) l'uno dall'altro e connessi mediante cavi elettrici ad una unità di lettura superficiale;
- sistema per la misura della pressione, costituito da un trasduttore elettrico di pressione o da una coppia di manometri con fondo scala diverso (ad es. 1 MPa e 10 MPa), dotato di una precisione di lettura non inferiore a ± 2% del range di pressione utilizzato per ogni prova;
- unità superficiale per la registrazione e l'elaborazione dei dati, collegata alla sonda dilatometrica, e dotata di display per la visualizzazione sia delle variazioni di diametro della membrana (uno per ciascun trasduttore) che della pressione di espansione della membrana.
- apposita attrezzatura per l'inserimento, l'abbassamento e il sollevamento della sonda all'interno del foro, in grado di misurare la sua posizione con una precisione di ± 5 cm; possono essere utilizzate aste di perforazione oppure apposite aste di manovra;

L'utilizzo di attrezzature con caratteristiche diverse da quelle sopra indicate deve essere preventivamente autorizzato dalle Ferrovie.

B. Modalità esecutive

Il tratto di foro interessato dalla prova dovrà essere realizzato con la massima cura per garantire la stabilità delle pareti che dovranno essere perfettamente regolari e prive di cavità. Il diametro del foro deve essere adeguato a quello dell'attrezzatura impiegata e, comunque, non potrà essere più largo di 6 mm del diametro della sonda dilatometrica a riposo (ad es. Ø = 101 mm per una sonda Ø = 95 mm).

In genere prima di introdurre la sonda dilatometrica è consigliabile eseguire un'ispezione del foro con una telecamera in modo da individuare eventuali anomalie che possano danneggiare la membrana flessibile.

In caso di necessità di sostenere le pareti del foro è ammesso un rivestimento sino alla sezione superiore di prova oppure la cementazione del foro: in questo ultimo caso il carico idraulico della malta cementizia non dovrà mai essere superiore a 3 m, in modo da evitare l'iniezione della stessa nell'ammasso roccioso; il foro cementato dovrà essere quindi riperforato rispettando le tolleranze sopra specificate e in modo che il rivestimento di cemento abbia uno spessore inferiore a 1 mm.

L'attrezzatura completa dovrà essere controllata e calibrata prima di ogni serie di prove, almeno settimanalmente durante un programma di prove e comunque dopo ogni importante riparazione, come ad es. la sostituzione della membrana. Le operazioni di calibrazione dovranno essere eseguite con una lunghezza delle tubazioni pari a quella che sarà impiegata per le prove.

Con la sonda inserita nel tubo di calibrazione dovrà essere applicata la pressione massima di prova e dovrà essere effettuato un controllo riguardante il mantenimento e le perdite della pressione.

La pressione dovrà quindi essere rilasciata e di nuovo incrementata secondo il range da utilizzarsi nella prova reale, prevedendo almeno 5 intervalli di pressione (MPa) e leggendo le deformazioni (mm) corrispondenti (le letture di deformazione ai 3 trasduttori dovranno essere mediate).

Dovrà quindi essere plottata una curva pressione/dilatazione media e la sua pendenza Mm (MPa/mm) dovrà essere confrontata con l'espansione teorica del cilindro ottenuta dalla teoria elastica. I valori di deformazione conseguenti allo schiacciamento della membrana così determinati dovranno essere sottratti alle deformazioni misurate in fase di prova.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La sonda dovrà poi essere gonfiata in aria, senza confinamento, per determinare il fattore di correzione m per la rigidezza della membrana (MPa/mm), ottenuta come la pendenza della curva pressione/dilatazione non confinata; i valori di pressione letti al manometro in fase di prova dovranno conseguentemente essere corretti per ricavare la pressione realmente applicata alle pareti del foro.

Il sistema di misura dello spostamento dovrà essere controllato indipendentemente con un micrometro: all'interno del range di misura, la precisione totale dell'attrezzatura dovrà essere costante.

Dopo aver controllato che il diametro del foro rispetti la tolleranza sopra specificata, si dovrà introdurre nel foro la sonda dilatometrica abbassandola fino a raggiungere la profondità stabilita per la prova: tale profondità dovrà essere misurata con una precisione di ± 5 cm e registrata.

La sonda dovrà quindi essere fatta espandere sotto una pressione appena sufficiente ad assicurarne il contatto permanente con la parete del foro senza che avvengano scorrimenti: tale pressione di alloggiamento dovrà essere la pressione minima durante la prova.

La prova dovrà essere condotta con almeno 3 cicli di carico/scarico con pressione massima progressivamente crescente fino ad un valore massimo che dovrà essere il più elevato possibile, compatibilmente con la pressione operativa di sicurezza dell'attrezzatura di prova. In ogni ciclo la pressione dovrà essere aumentata in non meno di 5 incrementi approssimativamente costanti fino a raggiungere il valore massimo.

Ogni incremento di pressione deve essere mantenuto costante durante la lettura della pressione (MPa) e della corrispondente dilatazione del foro (mm). La presenza dei 3 trasduttori di spostamento a 120° permetterà la determinazione dei valori del modulo di deformazione in funzione della direzione.

Raggiunto il valore massimo di pressione si dovrà operare lo scarico portando la pressione al valore minimo di prova, leggendo le coppie pressione/dilatazione agli stessi intervalli di pressione utilizzati nella fase di carico.

Al fine di evidenziare eventuali comportamenti viscosi della roccia, nell'ultimo ciclo di carico la pressione massima raggiunta dovrà essere mantenuta costante fino alla completa stabilizzazione delle deformazioni, con registrazione ad intervalli di tempo opportuni, comunque non superiori a 5 minuti.

Il modulo dilatometrico secante Ed (MPa) dovrà essere calcolato per ogni ciclo di prova, sia in fase di carico che di scarico, secondo la seguente espressione:

$$E_d = (1+\nu_{ar}) \cdot D \cdot \frac{\Delta p_i}{\Delta D}$$

dove:

ν_{ar} = coefficiente di Poisson dell'ammasso roccioso

D = diametro del foro di prova

Δp_i = incremento di pressione nell'intervallo considerato

ΔD = deformazione diametrale media del foro nell'intervallo considerato

In particolare per ciascun ciclo dovranno essere determinati i seguenti moduli:

- modulo di primo carico, calcolato in fase di carico tra la massima pressione applicata nel ciclo precedente e la massima pressione del ciclo considerato;
- modulo di scarico, calcolato in fase di scarico tra la pressione massima e la pressione minima del ciclo considerato;
- modulo di ricarico, calcolato in fase di carico tra la pressione minima del ciclo in esame e la pressione massima del ciclo precedente;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- modulo di deformazione, calcolato in fase di carico tra la pressione minima di prova e la pressione massima del ciclo considerato.

I valori di deformabilità dovranno essere calcolati per ognuna delle tre direzioni di misura e come media, determinata sulla base della deformazione media del foro.

Documenti da consegnare.

Al termine della campagna di prove deve essere consegnata la seguente documentazione:

a) Relazione conclusiva interpretativa dei risultati ottenuti contenente tra l'altro:
   - informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
   - metodo, diametro di perforazione e tipo di fluido impiegato;
   - localizzazione dei tratti di foro rivestiti o cementati;
   - livello piezometrico della falda;
   - profondità della sezione di misura;
   - descrizione dell'ammasso roccioso nel tratto di prova, con particolare riguardo alle caratteristiche geomeccaniche delle discontinuità;
   - caratteristiche della attrezzatura impiegata per la prova;
   - metodo utilizzato per la calibrazione e risultati;
   - tabelle con le letture registrate durante la prova, includendo i valori non corretti e quelli corretti;
   - diagrammi pressione - dilatazione (deformazione diametrale) per ogni trasduttore;
   - diagramma pressione - dilatazione media;
   - diagramma polare (nel piano perpendicolare al foro) dei valori di dilatazione, in funzione della posizione del trasduttore e della pressione applicata;
   - diagramma dilatazione-tempo a pressione costante relativo alla massima pressione applicata dei singoli trasduttori e della media dei trasduttori;
   - schema di calcolo e relazioni matematiche per il calcolo dei moduli elastici e di deformabilità;
   - tabelle riassuntive e grafici dei moduli elastici e di deformabilità calcolati;
   - copia dei certificati di calibrazione del manometro o trasduttore di pressione e dei trasduttori di spostamento di data non anteriore di sei mesi la data della prova.

Riferimenti normativi:

- ISRM (1987). Suggested methods for deformability determination using a flexible dilatometer;
- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo;
- UNI ENV 1997-3 (2002) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 3: Progettazione assistita con prove in sito";
- UNI-EN-ISO 22476-5 (2013) – Prova con dilatometro flessibile.

3.8.4.6 Prova di permeabilità tipo Lefranc da eseguire nel corso della perforazione dei fori di sondaggio geognostico.

La prova di permeabilità misura la conducibilità idraulica del terreno e si esegue misurando le variazioni di livello dell'acqua nel terreno, immettendo o emungendo l'acqua in un tratto di foro predeterminato.

La prova può essere eseguita a carico costante o a carico variabile; in presenza di terreni a conducibilità idraulica non elevata si esegue a carico idraulico variabile mentre nel caso di elevata conducibilità si adotta lo schema a carico idraulico costante.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

A. Attrezzatura

Per l'esecuzione delle suddette prove devono essere impiegate le seguenti attrezzature:

- una pompa di adeguata portata e prevalenza con tubazione di aspirazione provvista di dispositivo pescante dotato di filtro per trattenere materiali vegetali o comunque intasanti;
- un conta-litri con precisione e/o fondo scala da stabilire prima dell'inizio della prova;
- un tubo o serbatoio di immissione provvisto di una scala millimetrata, lunga almeno 1 m;
- un freatimetro millimetrato;
- un cronometro;
- una vasca di raccolta e decantazione dell'acqua;
- un tubo di lavaggio.

Qualora vengano eseguite prove in piezometri gli stessi, prima dell'esecuzione, devono essere debitamente controllati e spurgati fino alla loro completa funzionalità.

B. Operazioni preliminari

Le operazioni preliminari alla prova consistono in:

- perforazione con carotiere fino alla quota di prova senza l'impiego di fanghi, evitando di modificare le caratteristiche granulometriche e di compattezza del terreno;
- rivestimento del foro fino alla quota raggiunta dalla perforazione, senza uso di fluido di circolazione almeno negli ultimi 100 cm di infissione;
- inserimento nella colonna di rivestimento di ghiaia molto lavata fino a creare uno spessore di 60 cm dal fondo foro;
- sollevamento della batteria di rivestimento di 50 cm, con solo tiro nella sonda o comunque senza fluido di circolazione;
- misura ripetuta più volte del livello d'acqua nel foro;
- nel caso di terreno fuori falda, immissione continua di acqua pulita nel foro per almeno 30 minuti primi.

Se il rivestimento provvisorio non è necessario per la stabilità delle pareti del foro, esso dovrà comunque essere utilizzato per isolare il tratto di foro effettivamente interessato dalla prova.

Al di sopra della parte di foro scoperto il rivestimento deve essere sigillato al terreno per evitare che l'acqua possa scorrere nell'intercapedine rivestimento/terreno.

C. Modalità esecutive

L'esecuzione della prova avviene secondo le seguenti modalità:

C1. Carico idraulico variabile (in terreni a bassa permeabilità)

La prova mediante immissione d'acqua deve essere eseguita in un tratto al di sotto della falda. Sia durante la perforazione a varie profondità in avanzamento che alla fine della perforazione stessa.

La procedura per immissione d'acqua è la seguente:

- misura del livello di falda prima dell'inizio della prova;
- riempimento con acqua fino alla estremità superiore del rivestimento;
- misura del livello dell'acqua all'interno del tubo (senza ulteriori immissioni) a distanza di 15", 30", 1', 2', 8', 15' dall'inizio dell'abbassamento fino all'esaurimento del medesimo o fino a quando l'altezza dell'acqua nel foro, al di sopra della falda, risulti superiore ad 1/5 della differenza iniziale del livello piezometrico.

Comunque l'intervallo delle letture dovrà variare in funzione della velocità di abbassamento dell'acqua nel foro.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La prova per pompaggio d'acqua si esegue all'interno di un foro rivestito quando è possibile abbassare il livello dell'acqua nel rivestimento mediante una pompa.

Il foro di sondaggio deve penetrare al di sotto del livello di falda per almeno 10 D (dove D = diametro del foro) e comunque, fino ad una profondità tale che la pompa durante la prova non rischi di deprimere il livello stesso in foro fino alla pompa medesima.

La procedura per pompaggio d'acqua è la seguente:

- misura del livello di falda prima dell'inizio della prova;
- emungimento dell'acqua fino ad una quota di poco superiore alla scarpa del rivestimento;
- letture dell'innalzamento dell'acqua nel foro a differenti intervalli.

L'intervallo delle letture dovrà variare in funzione della velocità di risalita dell'acqua nel foro.

Le letture verranno proseguite fino a che la differenza tra il livello dell'acqua nel foro e quello corrispondente alla falda sia inferiore a 1/5 della differenza ad inizio prova.

Il coefficiente di permeabilità K (m/s) può essere determinato utilizzando la seguente formula:

$$K = \frac{A}{F \cdot T}$$

dove:
A = area della sezione trasversale del foro al livello dell'acqua, cioè la sezione del rivestimento (m^2)
F = fattore di forma che dipende dalla geometria della prova (m)
T = tempo di riequilibrio (basic time-lag) (s)

Il calcolo del fattore di forma F viene eseguito con la soluzione analitica indicata da Hvorslev (1951), scelta in base alla geometria della prova.

Per la determinazione di T si devono diagrammare i valori del rapporto h/h_0, in scala logaritmica, con i corrispondenti valori di tempo t in scala decimale (t = 0 all'inizio della prova quando $h/h_0 = 1$, essendo h l'altezza misurata e h_0 l'altezza iniziale). Si traccia poi la retta che meglio collega i punti sperimentali diagrammati. In qualche caso, i punti sperimentali per valori di h/h_0 vicini ad 1 possono seguire una curva; ciò deve essere trascurato e la linea retta va tracciata attraverso i restanti punti. Si disegna quindi una retta parallela a quella precedente, ma che passa per l'origine degli assi ($h/h_0 = 1$; t = 0). Il valore del tempo t letto in corrispondenza del rapporto $h/h_0 = 0{,}37$ è il valore richiesto del tempo di riequilibrio T.

C2. Carico idraulico costante (in terreni ad alta permeabilità)

La prova seguirà la seguente procedura:

- immissione (o emungimento) di acqua pulita nella batteria di rivestimento fino alla determinazione di un carico idraulico costante, cui corrisponde una portata costante nel tempo;
- controllo della portata immessa (o emunta) a regime idraulico costante determinata con un conta-litri di sensibilità pari a 0,1 litri. La taratura del conta-litri deve essere verificata in sito riempiendo un recipiente di volume noto e di capacità superiore a 100 litri;
- mantenimento delle condizioni di immissione (o emungimento) a regime costante senza variazione alcuna per almeno 10 min.; la costanza dell'altezza e la misura della portata vengono controllate ogni 2' (per durata complessiva della prova pari a 10 minuti) oppure ogni 5' (per durata complessiva della prova pari a 30 minuti).

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Il coefficiente di permeabilità K (m/s) viene determinato utilizzando la seguente formula:

$$K = \frac{Q}{F \cdot h}$$

dove:

Q = portata immessa o emunta (m^3/s)
F = fattore di forma che dipende dalla geometria della prova (m)
h = differenza di altezza del livello dell'acqua provocato dall'immissione o dall'emungimento (m)

Documenti da consegnare.

La documentazione di ciascuna prova comprenderà:

a) Indicazioni, da apporre sull'elaborato stratigrafico del sondaggio all'interno del quale è stata eseguita la prova, relative a:
   - modalità di prova (carico idraulico costante o variabile, per immissione o emungimento);
   - schema geometrico della prova (diametro e lunghezza del tratto di prova non rivestito, diametro interno e profondità del rivestimento, caratteristiche della cella filtrante);
   - livello di falda;
   - tempo di saturazione (se eseguita);
   - portata a regime (prove a carico costante);
   - letture degli abbassamenti in relazione ai tempi progressivi;
   - calcolo della permeabilità, specificando l'algoritmo ed i parametri adottati.
   - eventuali note e osservazioni.

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- UNI EN ISO 22282-1 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 1: Regole generali
- UNI EN ISO 22282-2 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 2: Prove di permeabilità all'acqua eseguite in un foro di sondaggio a circuito aperto
- UNI EN ISO 22282-3 (2012) Indagini e prove geotecniche -Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte3: Prove di pressione idraulica nelle rocce
- UNI EN ISO 22282-4 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 4: Prove di pompaggio
- UNI EN ISO 22282-5 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 5: Prove infiltrometriche
- UNI EN ISO 22282-6 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo – Parte 6: Prove di permeabilità all'acqua eseguite in un foro di sondaggio a circuito chiuso

3.8.4.7 Prova di assorbimento d'acqua tipo Lugeon da eseguire nel corso della perforazione dei fori di sondaggio geognostico.

La prova si esegue iniettando dell'acqua in pressione entro un tratto isolato di foro di sondaggio, perforato in terreni litoidi, o su murature, misurando i volumi assorbiti a diverse pressioni.

A. Attrezzatura

L'esecuzione della prova richiede l'attrezzatura elencata di seguito:

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- otturatore singolo, per prove in avanzamento, ad espansione idraulica o meccanica;
- otturatore doppio, per prove in risalita, a membrana espandibile idraulicamente. Il tubo di collegamento dei due pistoncini espandibili avrà una superficie forata Af ≥ 2 At, essendo At la superficie della sezione cava del tubo;
- pompa centrifuga in grado di raggiungere pressioni di iniezione di 1 MPa, con portate relativamente elevate;
- conta-litri per la misura delle portate immesse, inserito nel circuito di mandata, con sensibilità di 0,1 litri;
- manometro per la misura della pressione di iniezione, con sensibilità di 0,05 Mpa e certificato di taratura non anteriore a 3 mesi;
- tubi di adduzione di tipo idraulico;
- eventuale circuito indipendente di misura delle pressioni collegato alla camera isolata per la prova, con manometro tarato.

Al fine di ottenere una buona tenuta degli otturatori è necessario che la pressione di gonfiaggio sia superiore di 0,2÷0,3 Mpa a quella di iniezione dell'acqua.

B. Tarature

Il conta-litri dovrà essere tarato in sito, prima di iniziare le prove, riempiendo un contenitore di volume noto e superiore a 100 litri.

Le perdite di carico nei tubi di adduzione, in assenza di un circuito indipendente di misura delle pressioni, saranno valutate in sito con il metodo di un tubo campione posto orizzontalmente in superficie e collegato alla pompa con l'interposizione del manometro.

Si calcolerà la perdita di carico corrispondente alla portata Q come Pc = P/l dove:

Pc = perdita di carico per metro lineare (MPa/m)
P = pressione al manometro (MPa)
l = lunghezza del tubo (m)

La prova sarà ripetuta per almeno 3 diversi valori della portata Q.

C. Modalità esecutive

C1. Prova in avanzamento con otturatore singolo

L'otturatore sarà calato nel foro dopo avere misurato il livello della falda nel foro di sondaggio con sondina piezometrica

Il foro sarà privo di rivestimento; il fluido di perforazione sarà costituito da sola acqua priva di additivi.

Inoltre è indispensabile procedere prima di dare inizio alla prova, allo spurgo e pulizia del foro in corrispondenza di ogni tratto su cui si effettua la prova stessa.

L'otturatore sarà espanso fino ad isolare il tratto finale del foro per una lunghezza compresa tra meno di 1m e fino a 5 metri.

La lunghezza del tratto da provare può comunque variare in funzione della permeabilità della roccia; in generale la lunghezza del tratto di prova sarà ≥ 5D dove D è il diametro del foro.

Si procederà ad iniettare nel tratto di prova, eseguendo 3 (o più) diversi gradini di pressione in salita e ripetendo gli stessi primi 2 gradini in discesa, misurando per ciascun gradino le portate assorbite che determinano la stabilizzazione dell'assorbimento raggiunto.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Ciascun gradino di portata sarà mantenuto per almeno 10÷20 minuti, in salita e in discesa, dopo il raggiungimento delle condizioni di regime.

La costanza della portata deve essere controllata ogni 2 minuti e le variazioni non devono essere superiori a 0,1 l/s . La scelta del valore dei gradini di pressione dipenderà dal tipo di ammasso roccioso e dagli specifici obiettivi progettuali delle prove.

Nella tabella 3.8.4.7-1, vengono evidenziati alcuni riferimenti che dovranno essere di volta in volta verificati in funzione delle condizioni di prova (stato di fratturazione dell'ammasso, tensione litostatica, ecc...).

Durante la prova si provvederà a mantenere il foro di sondaggio pieno di acqua , per osservare la perfetta tenuta idraulica dell'otturatore, resa evidente dalla assenza di variazioni di livello.

Nel caso di perdite la prova sarà interrotta e ripresa dopo i necessari interventi correttivi.

Qualora lo stato della roccia fosse tale da non assicurare la tenuta dell'otturatore, le prove saranno eseguite in avanzamento previa cementazione e riperforazione del tratto di foro al disopra della prova, in modo da creare una superficie adatta ad impedire perdite idrauliche.

Tabella 3.8.4.7-1

Condizioni di prova	Gradini di pressione (MPa)
Rocce semilitoidi, litoidi o litiche a scarsa resistenza, a profondità < 5 m dal p.c.	0,05 - 0,15 - 0,25 - 0,15 - 0,05
Rocce a scarsa resistenza	0,1 - 0,2 - 0,3 - 0,2 - 0,1
Rocce a media resistenza	0,1 - 0,3 - 0,5 - 0,3 - 0,1
Rocce ad alta resistenza	0,2 - 0,4 - 0,8 - 0,4 - 0,2

Particolare cura deve avere la collocazione del manometro. Esso infatti deve essere installato direttamente sui tubi che sostengono il pistoncino, in modo da evitare le immancabili perdite di carico.

L'Esecutore è tenuto a registrare su appositi moduli i seguenti dati:

- numero e diametro del foro dove si esegue la prova;
- profondità del fondo foro dal p.c.;
- profondità del pistoncino dal p.c.;
- diametro dei tubi di immissione d'acqua;
- profondità del livello della falda dal p.c.;
- altezza del manometro dal p.c.;
- eventuale cementazione eseguita.

Durante l'esecuzione della prova si devono registrare per ogni gradino di pressione:

- il tempo e gli assorbimenti per arrivare a regime;
- il tempo e gli assorbimenti con portata a regime con letture prese ogni 2 minuti.

I risultati della prova dovranno essere riportati in un grafico delle portate (espresse in litri/minuto) in funzione delle pressioni (MPa), per ciascun gradino in salita e in discesa.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La pressione (p) sarà quella corretta:

$$p = p_m + \gamma_w h - p_c$$

dove:
p_m = pressione letta al manometro
γ_w = densità dell'acqua
h = distanza verticale tra il manometro ed il livello statico della falda
p_c = perdita di carico nel circuito

C2. Prova in risalita con otturatore doppio

Se richiesto dalle Ferrovie, le prove potranno essere eseguite con otturatore doppio in risalita, con modalità identiche a quanto descritto al precedente paragrafo.

Particolare cura dovrà essere posta nel garantire la tenuta dell'otturatore inferiore, il cui comportamento non può essere osservato durante la prova.

Per l'esecuzione di prove fino a 90 m di profondità dalla quota di boccaforo devono essere utilizzate le seguenti attrezzature:

- doppio otturatore completo di linee idrauliche di alimentazione dei packers stessi e delle sezioni di prova;
- pompe idrauliche con pressione massima pari a 7 MPa;
- misuratori di flusso;
- manometri e trasduttori di pressione;
- registratore analogico.

Si deve procedere quindi alla esecuzione della prova secondo le modalità e i contenuti sopra indicati.

Documenti da consegnare.

La documentazione relativa a ciascuna prova comprenderà:

- informazioni generali con individuazione del sondaggio all'interno del quale è stata eseguita la prova;
- schema della geometria del foro, delle modalità di prova e posizione della sezione di prova;
- livello statico della falda;
- descrizione della roccia nel tratto di prova;
- caratteristiche della attrezzatura impiegata per la prova;
- tabulato delle letture di cantiere (tempi, portate, pressioni al manometro);
- grafico portate/pressioni corrette in camera di prova;
- assorbimento per ciascun gradino espresso in Unità Lugeon UL (dove 1 UL = portata di 1 litro/min/m a 1 MPa);
- calcolo della permeabilità, specificando l'algoritmo ed i parametri adottati;
- copia del certificato di taratura del manometro o del trasduttore di pressione di data non anteriore di sei mesi alla data di prova

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- UNI EN ISO 22282-1 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 1: Regole generali

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- UNI EN ISO 22282-2 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 2: Prove di permeabilità all'acqua eseguite in un foro di sondaggio a circuito aperto
- UNI EN ISO 22282-3 (2012) Indagini e prove geotecniche -Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte3: Prove di pressione idraulica nelle rocce
- UNI EN ISO 22282-4 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 4: Prove di pompaggio
- UNI EN ISO 22282-5 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 5: Prove infiltrometriche
- UNI EN ISO 22282-6 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo – Parte 6: Prove di permeabilità all'acqua eseguite in un foro di sondaggio a circuito chiuso

3.8.4.8 Misura di velocità di flusso idrico da eseguirsi con apposito micromulinello, nell'interno dei fori di sondaggio geognostico.

Le prove di micromulinello si eseguono in foro di sondaggio, attrezzato con tubo di rivestimento finestrato, utilizzando uno strumento che misura la velocità di circolazione verticale dell'acqua di falda.

A. Attrezzatura

Le attrezzature da impiegarsi sono le seguenti:

- micromulinello costituito da una elica rigida, associata ad un contatore di impulsi a cellula fotoelettrica. L'elica è protetta da una gabbietta ovoidale del diametro esterno di 42 mm oppure 70 mm;
- registratore di impulsi collegato a contasecondi in grado di visualizzare direttamente il numero di giri dell'elica in un intervallo di tempo predeterminato e compreso tra 20 sec e 200 sec;
- tubazioni finestrate costituite da tubi di rivestimento del foro del diametro ∅ = 52/60 mm oppure 80/90 mm; i vuoti devono costituire almeno il 10% della superficie fessurata, con aperture di 0,4÷1,0 mm;
- tubazioni non finestrate costituite da tubi ciechi di diametro pari a quelli finestrati, giuntabili ai medesimi;
- cavi elettrici di collegamento del sensore al registratore e bobina avvolgicavo con lettore della profondità del sensore.

B. Operazioni preliminari

La perforazione sarà eseguita con diametro maggiore o uguale a 100 mm, con fluidi costituiti da sola acqua pulita, evitando rifluimenti in colonna e decompressioni del terreno circostante che possano alterare l'uniformità della sezione lungo la perforazione.

Alla fine della perforazione si dovrà eseguire un buon lavaggio del foro con acqua pulita; la pressione e la quantità di acqua di spurgo dovrà essere regolata su valori minimi.

Il foro dovrà essere sostenuto con tubazioni di rivestimento provvisorio.

Per l'esecuzione delle misure deve essere realizzata una colonna filtrante costituita da:

- tubazione in PVC cieca nelle estremità superiore ed inferiore e finestrata nel tratto intermedio; il tratto finestrato deve essere ricoperto, per tutta la lunghezza, da rete di nylon a maglia di 0,5 mm fissata solidamente alla tubazione stessa;
- filtro di ghiaietto pulito (Ø=2÷4 mm) nell'intercapedine tra la tubazione forata e la parete del foro;
- idonei tappi impermeabili di isolamento.

La colonna filtrante deve essere realizzata secondo uno schema di massima da concordare con le Ferrovie con indicazione dell'altezza e della quota del tratto finestrato e di quelli ciechi; comunque la parte inferiore cieca deve avere una lunghezza di almeno 100 cm e deve essere chiusa al fondo con un tappo sigillato con mastice e rivetti. Anche i diversi spezzoni di tubo devono essere giuntati e sigillati con mastice e rivetti.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Il tubo piezometrico deve essere finestrato nel tratto di prova in modo da realizzare un rapporto vuoto/pieno pari al 10% della superficie, con apertura delle fessure pari a 0,4÷1,0 mm.

Allo scopo di evitare franamenti nel foro la colonna di rivestimento provvisorio dovrà essere estratta progressivamente e contemporaneamente al riempimento del foro, che durante queste fasi dovrà essere sempre pieno d'acqua.

Al termine dell'installazione l'estremità superiore della colonna filtrante deve essere inserita in un pozzetto metallico di protezione, cementato nel terreno per 20÷30 cm.

C. Taratura e controlli

Prima di procedere ad effettuare la prova, si determineranno i seguenti parametri del sensore:

Vo = velocità iniziale di spunto; R = coefficiente di riduzione;
in cui:
Vo: dipende dagli attriti di origine meccanica che si sviluppano nel perno dell'elica;
R: tiene invece conto della perturbazione della velocità naturale che si verifica per la presenza dell'elica.

Prima di calare il sensore nel foro si controllerà che l'elica ruoti liberamente e che il contatore di impulsi funzioni regolarmente.

Dovrà, inoltre, essere tarato il passo dell'elica (per la conversione da giri/sec a cm/sec) usando uno spezzone di tubo uguale a quello posto in opera.

D. Modalità esecutive

Le misure in sito con il micromulinello devono essere eseguite, di norma, ogni 50 cm per tutta l'altezza del tubo forato; tuttavia in particolari posizioni possono essere richieste anche letture ad intervalli inferiori.

Per ciascuna posizione di misura deve essere rilevato il numero di giri al secondo dell'elica, mediato su un intervallo di 10÷60 secondi, nonché il senso della corrente, ascendente o discendente.

Le misure devono essere eseguite nelle due seguenti condizioni:
a) in condizioni idrauliche naturali, per rilevare eventuali correnti naturali del terreno;
b) durante l'immissione o l'estrazione d'acqua con cui si realizza un flusso d'acqua "transitorio" attraverso il terreno.

Prima di iniziare le misure deve essere accuratamente misurato il livello statico e dinamico stabilizzato della falda.

In presenza di falda artesiana, per effettuare le misure in condizioni naturali, il tubo di prova deve essere prolungato al di sopra del p.c. fino ad ottenere un livello statico, mentre per effettuare le misure di tipo b) si deve ripristinare la situazione di artesianesimo e misurare la portata d'acqua che fuoriesce.

La prova con micromulinello si intende conclusa quando sono state eseguite le misure, in discesa ovvero in risalita, in condizioni di falda naturale ovvero di falda dinamica, per tutta l'altezza della colonna filtrante, nelle posizioni approvate dalle Ferrovie.

Documenti da consegnare.

La documentazione preliminare di una prova deve comprendere il grafico delle velocità misurate alle varie profondità nelle due condizioni di prova e le relative tabelle dei dati misurati oltre ai rilievi dei livelli di falda, delle portate immesse od emunte ed il grafico della taratura iniziale dello strumento.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La documentazione finale comprenderà:

a) Relazione conclusiva interpretativa dei risultati ottenuti, contenente tra l'altro:
   - schema geometrico del sondaggio attrezzato;
   - livello della falda;
   - quota assoluta del piano campagna;
   - caratteristiche dell'attrezzatura;
   - risultati della taratura;
   - tabulati delle letture di ciascuna serie di prove;
   - grafico V su profondità in condizioni naturali, per ciascuna serie di letture, essendo:

$$V = \frac{nd}{R} + V_o$$

dove:

n = numero di giri dell'elica per unità di tempo.
d = passo dell'elica
R = velocità di spunto iniziale
V_O = coefficiente di riduzione;

   - grafico V' su profondità in condizioni di flusso forzato per immissione, per ciascuna serie di letture;
   - grafico V' - V su profondità, utilizzando per ciascuna singola profondità i valori medi misurati.

3.8.4.9 Rilievo televisivo eseguito all'interno di un foro di sondaggio, comunque orientato.

Il rilievo televisivo del foro di sondaggio consente la visione diretta delle condizioni stratigrafiche e geostrutturali di un ammasso roccioso perforato da un sondaggio, l'individuazione di eventuali cavità e discontinuità nonché il rilievo delle caratteristiche e delle condizioni di elementi strutturali in muratura, calcestruzzo ecc..

A. Attrezzatura

L'attrezzatura da impiegarsi potrà essere di due tipi in funzione della finalità dell'indagine :

A1. Sonda televisiva standard

La sonda televisiva standard sarà utilizzata quando è sufficiente avere una visione diretta dell'interno di un foro di sondaggio senza dovere eseguire misure stratimetriche o dimensionali al suo interno.

Lo strumento impiegato dovrà presentare le seguenti caratteristiche minime:

- telecamera a colori con sensore CCD/CMOS ad alta risoluzione, impermeabile, messa a fuoco regolabile e sorgente luminosa incorporata;
- obiettivo con visione frontale ed eventualmente laterale;
- sistema manuale/automatico per la determinazione dell'orientazione e della profondità della sonda;
- unità di controllo con monitor a colori;
- sistema di registrazione del video (hard-disk, DVD recorder, ecc.) connesso all'unità di controllo;
- cavi di collegamento, con avvolgicavo dotato di dispositivo per il controllo della profondità della telecamera;
- astine di spinta in fibra di vetro o materiale analogo.

A2. Sonda televisiva tipo BIPS

La sonda televisiva tipo BIPS (Borehole Image Processing System) dovrà essere utilizzata quando è necessario

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

misurare e descrivere con una notevole accuratezza e precisione le caratteristiche geometriche e geomeccaniche delle discontinuità, la giacitura di elementi stratimetrici nonché il dimensionamento di cavità presenti in un foro di sondaggio.

Lo strumento impiegato dovrà presentare le seguenti caratteristiche minime:

- sonda munita di videocamera, con relativa illuminazione, specchio troncoconico di riflessione, unità magnetometrica per la determinazione dell'orientazione, unità servoaccelerometrica per la determinazione dell'inclinazione del foro e di dispositivi di centratura nel foro; in ogni caso la sonda utilizzata dovrà garantire una risoluzione non superiore a 0,5 mm;
- unità di elaborazione e registrazione delle immagini munita di monitor a colori, in grado di ottenere, attraverso la digitalizzazione di un'immagine orientata, una sviluppata a 360° della parete del foro;
- cavi di collegamento, con dispositivo di calata nei fori verticali, che permette di regolare la discesa della sonda e di misurarne la profondità;
- unità di analisi, in grado di elaborare su monitor le immagini a 360° registrate in sito e di acquisire le immagini da video mediante apposito software; in particolare questa unità deve consentire di selezionare le discontinuità in base alla tipologia (stratificazione, scistosità, vene di minerale, fratture, ecc.), alle caratteristiche morfologiche (planari, irregolari, non continue, lenticolari, ecc.), al grado di alterazione (fresche, ossidate, argillificate, ecc.) e di misurarne la giacitura e l'apertura. L'unità dovrà anche consentire l'elaborazione statistica dei dati.

B. Modalità esecutive

Il foro di sondaggio dovrà essere del tutto privo di rivestimento, asciutto o contenente acqua limpida, decantata per almeno 3 ÷ 4 ore prima dell'ispezione. Il diametro del foro deve permettere l'inserimento della telecamera ed il suo scorrimento all'interno senza ostacoli o rallentamenti nell'avanzamento.

La telecamera dovrà essere calata lentamente nel foro, fermandosi in corrispondenza dei particolari litologici o strutturali d'interesse, regolando opportunamente il monitor, e l'illuminazione, onde ottenere la migliore qualità possibile delle immagini.

Nel caso di rilievo eseguito con sonda BIPS si dovrà adottare una velocità uniforme non superiore a 0,75÷1,5 m/min e comunque tale da garantire una risoluzione finale non superiore a 0,5 mm.

Le annotazioni relative ai dati generali dell'ispezione e agli aspetti particolari di quanto osservabile saranno eseguite mediante sovrapposizione su video, con l'uso della tastiera per la videoscrittura o mediante registrazione audio.

Tutte le immagini su monitor, incluse le annotazioni aggiunte, dovranno essere registrate su idoneo supporto digitale (hard-disk, CD-DVD, ecc.) in formato riproducibile (Avi, MPeg, ecc.) da definire preventivamente con le Ferrovie.

Documenti da consegnare.

Al completamento dell'indagine dovrà essere presentata la seguente documentazione:

a) relazione descrittiva contenente le informazioni generali (cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore), le caratteristiche tecniche della sonda televisiva (dimensioni, tipo e caratteristiche obiettivi), le informazioni necessarie per la completa comprensione del rilievo televisivo e per le successive elaborazioni;
b) planimetria e sezione con l'indicazione della posizione dei rilievi televisivi eseguiti;
c) video in formato riproducibile (Avi, MPeg, ecc.), su idoneo supporto digitale (hard-disk, pen-drive, CD-DVD, ecc.).

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Nel caso di rilievo eseguito con sonda tipo BIPS, oltre alla documentazione di cui sopra, dovrà essere consegnata, sia su supporto cartaceo che su supporto informatico, la seguente documentazione:

a) la schematizzazione grafica orientata del reticolo dei piani di divisibilità rilevati durante l'ispezione, con l'indicazione di tutte le misure;
b) documentazione fotografica a colori di tutto il tratto di foro rilevato, sviluppata a 360° con indicazione dell'orientazione e, per i tratti di foro dei quali è richiesta, anche l'interpretazione geostrutturale di dettaglio:
c) tabella riassuntiva con indicazioni relative alla giacitura, alla tipologia, all'apertura, alla forma della traccia e al grado di alterazione di tutte le discontinuità rilevate;
d) sezioni N-S lungo l'asse del sondaggio con riportate le tracce delle discontinuità rilevate;
e) diagramma della densità di fratturazione, espressa come numero di fratture per metro di foro rilevato;
f) diagramma equiareale di Schmidt con i poli dei piani di discontinuità rilevati per ciascuna zona omogenea in cui risulta divisibile il tratto di foro in esame;
g) diagramma equiareale di Schmidt con le aree di isodensità per ciascuna zona omogenea in cui risulta divisibile il tratto di foro in esame;
h) riproduzioni cartacee e video in 2D e 3D;
i) tabella con i dati giaciturali, tipologici e di apertura medi delle famiglie di discontinuità individuate.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3.9 PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

3.9.1 IDENTIFICAZIONE E DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLE TERRE

3.9.1.1 Apertura campione di terra, indisturbato o a limitato disturbo, compreso l'esame qualitativo preliminare, la descrizione litologica e la determinazione della consistenza con penetrometro e scissometro tascabili.

Tutte le informazioni inerenti il campione devono essere annotate su appositi moduli in modo che sia sempre identificabile il sondaggio, la profondità di prelievo, la data.

All'atto dell'apertura dovrà essere eseguito l'esame qualitativo preliminare del campione, la sua descrizione litologica e la determinazione della consistenza con penetrometro e scissometro tascabili.

Una volta estruso il campione dalla fustella con la tecnica più adatta in modo da minimizzare il disturbo, si deve creare una zona piana mediante apposito utensile (coltello o filo d'acciaio) per le prove con penetrometro e vane test tascabili.

Dovranno essere descritte eventuali anomalie presenti (rammollimenti, essiccamenti, inclusi organici, fossili, fanghi di perforazione, rimescolamenti). Le parti omogenee vanno descritte ed evidenziate con schizzi o foto con riferimento alle raccomandazioni AGI. Dall'esame dovranno risultare quindi le dimensioni dei granuli, il grado di arrotondamento, l'assortimento, la forma, il colore (attraverso l'ausilio delle Tavole Munsell), l'odore, la reazione all'acido cloridrico, livelli, lenti, laminazioni, vene di ossidazione.

Riferimenti normativi:

- A.G.I. Associazione Geotecnica Italiana (1997). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche;
- UNI-EN-ISO 14688-1 (2013). Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 1: Identificazione e descrizione;
- UNI-EN-ISO 14688-2 (2013). Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 2: Principi per una classificazione;
- ASTM D2487-00. Standard Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System);
- ASTM D2488-00. Standard Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure).
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes;
- ASTM D653-02. Standard terminology relating to soil, rock, and contained fluids,
- ASTM D3282-93 (1997). Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes,
- UNI 11531-1 (2014). Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture - Criteri per l'impiego dei materiali - Parte 1: Terre e miscele di aggregati non legati

3.9.1.2 Determinazione del contenuto naturale in acqua, media di tre misure.

Riferimenti normativi:

- ASTM D2216- (1998). Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass;
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- UNI EN ISO 1097-5 (2008). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 5: Determinazione del contenuto d'acqua per essiccazione in forno ventilato

3.9.1.3 Determinazione della massa volumica apparente (peso volume) mediante fustella tarata o pesata idrostatica su campione paraffinato.

Riferimenti normativi:

- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests;
- UNI EN ISO 1097-5 (2008). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 5: Determinazione del contenuto d'acqua per essiccazione in forno ventilato

3.9.1.4 Determinazione della massa volumica reale dei granuli con picnometro.

Riferimenti normativi:

- ASTM D854-00. Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests.
- UNI EN ISO 1097-6 (2013). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati. Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua.

3.9.1.5 Determinazione dei limiti di Atterberg.

Riferimenti normativi:

- ASTM D4318-00. Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests. Clause 4 "Determination of the liquid limit".
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests. Clause 5 "Determination of the plastic limit and plasticity index".
- UNI-CEN-ISO/TS 17892-12 (2005). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 12: Determinazione dei limiti di Atterberg.

3.9.1.6 Determinazione del limite di ritiro.

Riferimenti normativi:

- ASTM D427-98. Test Method for Shrinkage Factors of Soils by the Mercury Method.
- ASTM D4943-02. Standard Test Method for Shrinkage Factors of Soils by the Wax Method.

3.9.1.7 Analisi granulometrica meccanica eseguita mediante setacci.

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1994). Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio
- UNI EN 933-1 (2012). Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati. Determinazione della distribuzione granulometrica. Analisi granulometrica per stacciatura.
- ASTM D422-63 (1998). Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils.
- ASTM D421-85 (1998). Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants.
- ASTM D2217-85 (1998). Standard Practice for Wet Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soils Constants.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests. 9.2 "Wet sieving method"
- UNI EN 933-2 (1997). Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati. Determinazione della distribuzione granulometrica – Setacci di controllo, dimensioni nominali delle aperture.

3.9.1.8 Analisi granulometrica per sedimentazione secondo il metodo del densimetro o della pipetta

Analisi granulometrica per sedimentazione secondo il metodo del densimetro o della pipetta, esclusa la determinazione della massa volumica reale dei granuli.

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1994). Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio
- ASTM D422-63 (1998). Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests. Subclause 9.5 "Sedimentation by the hydrometer method"

3.9.1.9 Prova di permeabilità mediante permeametro a carico costante o variabile

Riferimenti normativi:

- ASTM D2434-68 (2000). Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head).
- ASTM D5084-00e1. Standard Test Methods for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter

3.9.1.10 Determinazione ponderale dei solfati e cloruri

Riferimenti normativi:

- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 3: Chemical and electrochemical tests. Clause 5 "Determination of the sulphate content of soil and ground water"

- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 3: Chemical and electrochemical tests. Subclause 7.2/subclause 7.3.

3.9.1.11 Determinazione del contenuto in carbonati.

Riferimenti normativi:

- ASTM D4373-02. Standard Test Method for Calcium Carbonate Content of Soils.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 3: Chemical and electrochemical tests. Clause 6 "Determination of the carbonate content"

3.9.1.12 Determinazione del contenuto in sostanze organiche

Riferimenti normativi:

- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 3: Chemical and electrochemical tests. Clause 4 "Determination of the mass loss on ignition or an equivalent method"
- ASTM D2974-00. Standard Test Methods for Moisture, Ash, and organic Matter of Peat and Other Organic Soils.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3.9.1.13 Determinazione del pH con il metodo colorimetrico o con pH-metro

Riferimenti normativi:

- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 3: Chemical and electrochemical tests. Clause 9 "Determination of the pH value"
- ASTM D4972-01. Standard Test Method for pH of Soils.

3.9.1.14 Determinazione dell'umidità di campo (Field Moisture Equivalent of Soils)

Riferimenti normativi:

- AASHTO, Designation T 93-68. Determinazione della umidità di campo

3.9.2 DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE, CHIMICHE E PETROGRAFICHE DI ROCCE E AGGREGATI

3.9.2.1 Determinazione del contenuto naturale d'acqua, media di tre misure

Riferimenti normativi:

- ISRM (1979). Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties, part 1 – Test 1 – Suggested method for determination of the water content of a rock sample.
- UNI EN 1097-5 (2008). Determinazione del contenuto d'acqua per essiccazione in forno ventilato. Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 5: Determinazione del contenuto d'acqua per essiccazione in forno ventilato

3.9.2.2 Determinazione della massa volumica apparente su provini squadrati o informi

Riferimenti normativi:

- UNI EN 1097-6 (2013). Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua - Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 6: Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua
- UNI 1936 (2007) Determinazione della massa volumica reale e apparente e della porosità totale e aperta
- ISRM (1979). Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties, part 1 – Test 2 – Suggested method for porosity/density determination using saturation and caliper techniques.
- BS 812-1995. Testing aggregates. Methods for determination of density

3.9.2.3 Determinazione della massa volumica apparente di aggregati (massa in mucchio)

Riferimenti normativi:

- UNI EN 1097-3 (1999). Determinazione della massa volumica in mucchio e dei vuoti intergranulari.
- UNI 1936 (2007) Determinazione della massa volumica reale e apparente e della porosità totale e aperta
- CNR-BU n.76-1980. Determinazione della massa volumica di aggregati assestati con Tavola a scosse.

3.9.2.4 Determinazione della massa volumica reale

Riferimenti normativi:

- R.D. N.2232 DEL 16/11/1939. Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- CNR-BU n.64-1978. Determinazione della massa volumica reale dei granuli di un aggregato.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests.
- ISRM (1979). Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties, part 1 – Test 4 – Suggested method for porosity/density determination using mercury displacement and grain specific gravity techniques.
- UNI 1936 (2007) Determinazione della massa volumica reale e apparente e della porosità totale e aperta
- CNR-BU n.76-1980. Determinazione della massa volumica di aggregati assestati con Tavola a scosse.
- UNI 9724/7 (1992). "Determinazione della massa volumica reale e della porosità totale e accessibile".

3.9.2.5 Analisi granulometrica per vagliatura mediante setacci serie UNI, ASTM o BS

Riferimenti normativi:

- BS 812-1985. Testing aggregates. Method for determination of particle size distribution. Sieve tests.
- UNI EN 933-1 (2012). Analisi granulometrica per stacciatura.
- ASTM D2217-85 (1998) Standard practice for Wet Preparation of Soil Samples for Particle Analysis and Determination of Soil Constants (Witholrawn 2007)

3.9.2.6 Determinazione dei coefficienti di forma e di appiattimento

Riferimenti normativi:

- UNI EN 933-3 (2012). Determinazione della forma dei granuli. Coefficiente di appiattimento.
- UNI EN 933-4 (2008). Determinazione della forma dei granuli. Indice di forma.

3.9.2.7 Determinazione macroscopica dei caratteri litologici di una roccia

Riferimenti normativi:

- CNR-BU n.104-1984. Identificazione delle rocce più comuni impiegate come aggregati stradali.
- ASTM C119-01. Standard Terminology Relating to Dimension Stone.
- UNI EN 932-3 (2004). Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata
- ASTM D653-02. Standard Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids

3.9.2.8 Analisi petrografica mediante determinazione microscopica su sezione sottile dei componenti mineralogici di campioni di roccia, compresa la preparazione di una sezione sottile

Scopo dell'analisi è il riconoscimento dei minerali costituenti la roccia di provenienza e quindi la definizione precisa del litotipo. E' inoltre possibile ottenere utili informazioni sull'evoluzione strutturale del litotipo stesso attraverso l'esame dei rapporti reciproci tra i diversi minerali costituenti.

A. Preparazione

La sezione sottile di roccia andrà preparata per smerigliature successive a partire da una fetta di roccia tagliata con sega circolare (con getto d'acqua) dal campione relativo, fino ad ottenere una sezione sottile di spessore compreso tra 20 e 35 micron e superficie 2-6 cm^2 fissata a due vetrini (portaoggetti di spessore 1 mm e coprioggetti di spessore 0,1 mm) mediante balsamo del Canada (indice di rifrazione n=1,542).

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

B. Esame

In generale la descrizione del campione deve comprendere gli aspetti mineralogici, tessiturali e microstrutturali della roccia seguendo come base la metodologia ISRM (Suggested method for petrographic description of rocks), tramite esame eseguito al microscopio polarizzatore; in particolare dovranno essere descritte tutte le strutture individuabili a scala microscopica (forma e contorno dei minerali, microfratture, sfaldature, micropieghe, inclusioni, ecc., costituenti il cosiddetto "fabric" della roccia di provenienza), i rapporti di accrescimento reciproco tra i singoli minerali e ogni altra informazione che possa contribuire alla ricostruzione degli eventi subiti dal litotipo costituente l'ammasso roccioso di provenienza.

Dei singoli minerali componenti dovranno essere indicati percentuali e caratteristiche ottiche così come individuate dall'analisi microscopica (indici di rifrazione, birifrangenza, tipo e angolo di estinzione, segno ottico, angolo 2V), in modo da definire nel dettaglio i componenti mineralogici e la classifica del litotipo secondo la nomenclatura vigente.

Documenti da consegnare.

Relazione di commento contenente i minerali individuati, le loro caratteristiche e il litotipo di appartenenza, corredata da fotografie a colori eseguite al microscopio polarizzatore su punti significativi della sezione sottile.

Riferimenti normativi:

- ISRM 1977 " Suggested Methods for Petrographic Descritption of Rock"

3.9.2.9 Determinazione dell'assorbimento d'acqua

Riferimenti normativi:

- R.D. N.2232 DEL 16/11/1939. Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione
- UNI EN 1097-6 (2013). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 6: Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua

3.9.2.10 Analisi diffrattometrica su campione di roccia per la identificazione e la determinazione percentuale dei minerali presenti

Scopo dell'analisi è il riconoscimento di quei minerali non facilmente individuabili attraverso l'esame in sezione sottile al microscopio polarizzatore.

L'analisi verrà eseguita per i minerali fillosilicatici su polveri a granulometria inferiore ai 2 micron.

A. Preparazione

Dopo aver finemente macinato in un mortaio il materiale, una frazione di questo andrà disperso in una soluzione di acqua distillata con alcune gocce di ammoniaca; dopo agitazione per circa 3 ore e sedimentazione successiva per circa 12 ore, si preleverà la porzione superficiale che verrà centrifugata e lasciata asciugare prima di essere deposta su un vetrino per l'analisi ai raggi x.

B. Esame

Le polveri ottenute secondo la procedura sopra descritta verranno frazionate ed analizzate con tre trattamenti differenti: frazione ottenuta per sola sedimentazione, frazione sedimentata e trattata con glicol etilico, frazione sedimentata e riscaldata a 650 °C per 2 ore.

L'analisi consiste nel colpire le polveri da esaminare con un fascio di raggi x monocromatici determinando la dispersione angolare e l'intensità di diffrazione prodotte dalle polveri stesse.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Sul diffrattogramma così ottenuto si leggerà la posizione delle righe di dispersione rispetto al raggio diretto, che è caratteristica di ogni minerale.

Documenti da consegnare.

a) Diffrattogrammi originali;
b) Relazione di commento alla preparazione delle polveri, ai risultati ottenuti ed alla individuazione dei minerali presenti.

3.9.2.11 Determinazione dell'equivalente in sabbia mediante tre prove

Riferimenti normativi:

- UNI EN 933-8 (2000). Valutazione dei fini. Prova dell'equivalente in sabbia.
- ASTM D2419-95. Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate.

3.9.2.12 Determinazione del contenuto di impurezze organiche

Riferimenti normativi:

- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes.
- UNI EN 1744-1 (2013) Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati - Parte 1: Analisi chimica

3.9.2.13 Determinazione del contenuto di solfati solubili di un aggregato

Riferimenti normativi:

- BS 812-1988. Testing aggregates. Methods for determination of sulphate content.

UNI EN 1744-1 (2013). Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati - Parte 1: Analisi chimica

3.9.2.14 Determinazione del contenuto di cloruri solubili di un aggregato

Riferimenti normativi:

UNI EN 1744-1 (2013). Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati - Parte 1: Analisi chimica

- BS 812-1988. Testing aggregates. Methods for determination of water-soluble chloride salts.

3.9.2.15 Determinazione del tenore in silice

La determinazione del tenore in silice dovrà essere effettuata su campioni di roccia preventivamente frantumati e polverizzati. Il metodo prevede la disgregazione mediante fusione alcalina e solubilizzazione acida delle perle di fusione.

Il contenuto in silice deve essere poi determinato per via gravimetrica.

Documenti da consegnare

a) identificazione completa del campione sottoposto a prova;
b) quantità di materiale analizzato;
c) tenore in silice espresso in percentuale con indicazione della prima cifra decimale;
d) documentazione delle misure eseguite;
e) copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e di controllo impiegati di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3.9.2.16 Determinazione del tenore in carbonati totali

Riferimenti normativi:

- ASTM D4373-02. Standard Test Method for Calcium Carbonate Content of Soils.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 3: Chemical and electrochemical tests. Clause 6 "Determination of the carbonate content".

3.9.2.17 Determinazione del modulo di finezza, esclusa la setacciatura

Riferimenti normativi:

- UNI EN 933-1 (2012). Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 1: Determinazione della distribuzione granulometrica - Analisi granulometrica per setacciatura
- UNI EN 933-9 (2013) Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 9: Valutazione dei fini - Prova blu di metilene

3.9.2.18 Determinazione della resistenza alla degradazione mediante solfati

Riferimenti normativi:

- UNI EN 1367-2 (2010). Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati - Parte 2: Prova al solfato di magnesio

3.9.3 DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE TERRE

3.9.3.1 Prova di compressione ad espansione laterale libera con rilievo delle curve sforzi/deformazioni su un provino di diametro da 35 a 100 mm compresa la determinazione del contenuto in acqua e del peso di unità di volume

Riferimenti normativi:

- ASTM D2166-00. Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes.

3.9.3.2 Prova di taglio diretto con scatola di Casagrande su tre provini con rilievo delle deformazioni verticali e delle curve sforzi/deformazioni trasversali nonché determinazione per ogni provino del contenuto in acqua e del peso di unità di volume

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1994). Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio
- ASTM D3080-98. Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes.

3.9.3.3 Prova di taglio con apparecchio anulare per la determinazione della resistenza residua su tre provini con rilievo delle deformazioni verticali e delle curve sforzi/deformazioni nonché determinazione, per ogni provino, del contenuto in acqua e del peso di unità di volume

Riferimenti normativi:

- ASTM D6467-99. Standard Test Method for Torsional Ring Shear Test to Determine Drained Residual Shear Strength of Cohesive Soils

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3.9.3.4 Prova di taglio con scissometro da laboratorio (Vane Test), su un provino, compresa la determinazione della resistenza al taglio residua

Riferimenti normativi:

- ASTM D4648-00. Standard Test Method for Laboratory Miniature Vane Shear Test for Satured Fine-Grained Clayey Soil.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes.

3.9.3.5 Prova di compressione triassiale eseguita su tre provini con rilievo di tutti i diagrammi necessari per l'interpretazione dei risultati

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1994). Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio
- ASTM D4767-95. Standard Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils.
- ASTM D2850-95 (1999). Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes.

3.9.3.6 Prova di compressione edometrica da eseguire su campioni indisturbati secondo uno schema di carico e scarico stabilito dalle Ferrovie

Il coefficiente ""E_{ed}"" dovrà essere calcolato per ogni intervallo di carico, mentre la determinazione dei coefficienti "C_V" e "K" verrà eseguita su tre intervalli di carico da scegliersi in base alle tensioni litostatiche esistenti e ai sovraccarichi da applicare, salvo diversa indicazione delle Ferrovie . La determinazione del "T50" (o "T90") e della pressione massima di consolidazione dovrà essere riportata rispettivamente sui grafici abbassamenti/log T e indice dei vuoti/log p.

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1994). Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 5: Compressibility, permeability and durability tests.
- ASTM D2435-96. Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils.

3.9.3.7 Determinazione della pressione di rigonfiamento in cella edometrica

Riferimenti normativi:

- ASTM D4546-96. Standard Test Method for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils – Method C.
- ISRM (1979). Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties, part 2

3.9.3.8 Determinazione del rigonfiamento lineare in cella edometrica

Riferimenti normativi:

- ASTM D4546-96. Standard Test Method for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils – Method A

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- ISRM (1979). Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties, part 2

3.9.4 DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DI ROCCE E AGGREGATI

3.9.4.1 Taglio di provini prismatici, di dimensioni max cm 20 di lato, da blocchi informi di roccia o da spezzoni di carota di roccia.

3.9.4.2 Carotaggio di provini cilindrici da blocchi informi di roccia o da spezzoni di carota di roccia

Riferimenti normativi:

- ASTM D4543-01. Standard Practices for Preparing Rock Core Specimens and Determining Dimensional and Shape Tolerances.

3.9.4.3 Spianatura e rettifica di provini cilindrici o prismatici di roccia

Riferimenti normativi:

- ASTM D4543-01. Standard Practices for Preparing Rock Core Specimens and Determining Dimensional and Shape Tolerances.

3.9.4.4 Prova di compressione monoassiale su provini di roccia cilindrici o prismatici

Riferimenti normativi:

- ASTM D2938-95. Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens.
- ISRM (1979). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials.

3.9.4.5 Prova di compressione monoassiale su provini di roccia cilindrici o prismatici, con determinazione della deformabilità orizzontale e verticale (mediante l'applicazione di almeno 4 estensimetri elettrici) e con rilievo del comportamento post-rottura del provino

Riferimenti normativi:

- ASTM D2938-95. Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens.
- ASTM 3148- 02. Standard Test Method for Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens in Uniaxial Compression
- ISRM (1979). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials.
- Rivista Italiana di Geotecnica (1994). Raccomandazioni per determinare la resistenza a compressione monoassiale e la deformabilità dei materiali rocciosi, n° 3.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3.9.4.6 Determinazione delle costanti elastiche dinamiche di provini di roccia mediante ultrasuoni utilizzando almeno tre valori diversi di frequenza

Riferimenti normativi:

- ASTM D2845-00. Standard Test Method for Laboratory Determination of Pulse Velocities and Ultrasonic Elastic Constants of Rock.
- ISRM (1978). Suggested methods for determining sound velocity.

3.9.4.7 Determinazione della resistenza a trazione con prova indiretta "Brasiliana" su provini di roccia cilindrici

Riferimenti normativi:

- UNI 6135 (1972). Prova di trazione indiretta prova brasiliana
- ISRM (1978). Suggested Method for Determining Indirect Tensile Strength by Brazil Test.

3.9.4.8 Prova di carico puntiforme per la determinazione dell'indice di resistenza "Franklin" (Point Load Strength Test) su provini cilindrici e/o su frammenti informi di roccia

La prova va eseguita su indicazione delle Ferrovie sia sui provini cilindrici (ad esempio spezzoni di carote di perforazione) che su frammenti o blocchi di roccia informi; in entrambi i casi il risultato dovrà essere riferito a quello relativo a provini di misura standard (50 mm).

Riferimenti normativi:

- ASTM D5731-95. Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock
- ISRM (1985). Suggested methods for determining Point Load Strength.
- Rivista Italiana di Geotecnica (1994). Raccomandazioni per la misura della resistenza al punzonamento, n° 1.

3.9.4.9 Determinazione dell'angolo di attrito di base di una roccia mediante "Tilt Test, compreso il taglio a sega della superficie di prova

La prova dovrà essere condotta (Barton N.-Choubey V.- "The shear strength of rock joints, theory and practice", Rock Mechanics, vol. 10, 1977) determinando l'angolo di attrito di base mediante almeno n.5 test di scorrimento su superficie liscia (di area minima pari a 150 cm^2), ottenuta mediante semplice intaglio con sega circolare.

Le superfici di prova dovranno essere pulite con acqua per rimuovere la polvere del taglio e, successivamente, seccate all'aria.

Per ciascun test dovrà essere determinato il valore dello sforzo normale applicato e l'indice di Schmidt sulla superfice di prova.

Per ciascuna prova dovrà essere redatto un certificato riportante tutte le determinazioni eseguite ed il calcolo del valore medio dell'angolo di attrito di base misurato.

3.9.4.10 Prova di durezza superficiale su roccia e/o struttura muraria mediante impiego di sclerometro (martello di Schmidt)

Riferimenti normativi:

- ISRM (1977). Suggested methods for determining hardness and abrasiveness of rocks.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- ISRM (1993). Supporting paper on a suggested improvement to the Schmidt rebound hardness ISRM suggested method with particular reference to rock machine ability.
- ASTM D5873-00. Standard Test Method for Determination of Rock Hardness by Rebound Hammer Method.
- UNI EN 12504-2 (2012). Prove non distruttive. Determinazione dell'indice sclerometrico.

3.9.4.11 Determinazione del coefficiente di abrasione "Los Angeles"

Riferimenti normativi:

- UNI EN 1097-2 (2010). Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione.
- ASTM C131-01. Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.
- ASTM C535-01. Standard Test Method for Resistance to Degradation of Large-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.
- UNI 14617-4 (2012) Lapidei agglomerati - Metodi di prova - Parte 4:Determinazionedella resistenza all'abrasione

3.9.4.12 Prova di compressione triassiale a velocità di deformazione controllata su provini di roccia con installazione di almeno 4 estensimetri elettrici di misura delle deformazioni longitudinali e trasversali all'asse di carico

Prova di compressione triassiale a velocità di deformazione controllata su provini di roccia con installazione di almeno 4 estensimetri elettrici di misura delle deformazioni longitudinali e trasversali all'asse di carico, esclusa la preparazione del provino.

Riferimenti normativi:

- ASTM D2664-95a. Standard Test Method for Traxial Compressive Strength of Undrained Rock Core Specimens Without Pore Pressure Measurements.
- ASTM D5407-95 (2000). Standard Test Method for Elastic Moduli of Undrained Intact Rock Core Specimens in Triaxial Compression without Pore Pressure Measurement.
- ISRM (1978). Suggested Methods for Determining the Strength of Rock Materials in Triaxial Compression.
- ISRM (1983). Suggested Methods for Determining the Strength of Rock Materials in Triaxial Compression: revised version.

3.9.4.13 Prova di taglio su giunti di roccia compresa la determinazione della resistenza residua

Prova di taglio su giunti di roccia compresa la determinazione della resistenza residua, esclusa la preparazione del provino.

Riferimenti normativi:

- ISRM (1974). Suggested Methods for Determining Shear Strength, Document 1.
- ASTM D5607-02. Standard Test Method for Performing Laboratory Direct Shear Strength Tests of Rock Specimens Under Constant Normal Force.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3.9.4.14 Prova di durabilità (Slake Durability Test) su materiale lapideo

Riferimenti normativi:

- ISRM (1979). Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties, part 2.
- ASTM D4644-87 (1998). Standard Test Method for Slake Durability of Shales and Similar Weak Rocks.

3.9.4.15 Prova di costipamento di una terra per la determinazione della densità massima e dell'umidità ottimale mediante prova ASSTHO Standard o modificata eseguita su almeno 5 provini

Riferimenti normativi:

- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 4: Compaction related tests. Clause 3 "Determination of dry density/moisture content relationship"
- ASTM D1557-00. Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft3 (2,700 kN-m/m3).
- ASTM D698-00a. Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12,400 ft-lbf/ft3 (600 kN-m/m3).
- UNI EN 13286-2 (2010) Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 2 - Metodi di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Costipamento Proctor

3.9.4.16 Determinazione dell'indice "CBR" su un provino preparato in laboratorio mediante compattazione ed imbibizione in acqua per 4 giorni

Determinazione dell'indice CBR su un provino preparato in laboratorio mediante compattazione ed imbibizione in acqua per 4 giorni, compresa la preparazione del provino.

Riferimenti normativi:

- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 4: Compaction related tests. Clause 7 "Determination of California Bearing Ratio (CBR)"
- ASTM D1883-99. Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils.
- UNI EN 13286 -47 (2012) Miscele non legate con leganti idraulici - Parte 47:Metodo di prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR, dell'indice di portanza immediata e del rigonfiamento

3.9.4.17 Determinazione della resistenza al gelo di un aggregato

Riferimenti normativi:

- UNI EN 1367-1 (2007). Determinazione della resistenza al gelo e disgelo.
- UNI EN 14617 – 6 (2012) Metodi di prova - Parte 6: Determinazione della resistenza agli sbalzi termici

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3.9.4.18 Determinazione della resistenza al gelo di pietre da costruzione, lastre da pavimentazione, da eseguire su 24 provini cubici di lato 71 mm per le rocce a grana fine e mm 100 per le rocce a grana grossa mediante prove di compressione su provini asciutti, provini saturi d'acqua e su provini sottoposti a cicli di gelo e disgelo

Riferimenti normativi:

- R.D. N.2232 DEL 16/11/1939. Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione
- UNI EN 12371 (2010) Metodo di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza al gelo
- UNI EN 14617 – 5 (2012) Lapidei agglomerati - Metodo di Prova 5: Determinazione della resistenza al gelo e disgelo

3.9.5 DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE CHIMICHE, FISICHE E BIOLOGICHE DI ACQUE NATURALI

3.9.5.1 Prelievo di un campione d'acqua da pozzi, piezometri, corsi d'acqua ecc. raccolto in contenitore sterilizzato di vetro o di materiale plastico a chiusura ermetica

Riferimenti normativi:

- UNICHIM (1997), manuale n° 157.

3.9.5.2 Determinazione del contenuto in cloruri.

Riferimenti normativi:

- UNI ISO 9297:2009 Qualità dell'acqua - Determinazione dei cloruri - Titolazione con nitrato di argento ed indicatore cromato (Metodo di Mohr)
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. I

3.9.5.3 Determinazione del contenuto in solfati.

Riferimenti normativi:

- UNICHIM (1995), metodo MU n° 932:95.
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. II

3.9.5.4 Determinazione del contenuto in solfuri.

Riferimenti normativi:

- UNICHIM (1995), metodo MU n° 945:95 "Determinazione dei Solfuri solubili"
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. II

3.9.5.5 Determinazione del contenuto in carbonati.

Riferimenti normativi:

- Standard Methods for the examination of water and wastewater, n° 2320, 18a edizione, 1992.
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. I

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3.9.5.6 Determinazione del contenuto in bicarbonati.

Riferimenti normativi:

- UNICHIM (1995), metodo MU n° 1071:95
- Standard Methods for the examination of water and wastewater, n° 2320, 18a edizione, 1992.
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. I

3.9.5.7 Determinazione del contenuto in CO_2 libera.

Riferimenti normativi:

- UNI-UNICHIM 10507:96.

3.9.5.8 Determinazione del contenuto in nitrati.

Riferimenti normativi:

- UNICHIM (1995), metodo MU n° 940:95 "Acque destinate al consumo umano - Determinazione dei nitrati e Azoto nitrico - Metodo spettrometrico diretto all'UV" "
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. I

3.9.5.9 Determinazione del contenuto in nitriti.

Riferimenti normativi:

- UNICHIM, metodo MU n° 939:94 "Determinazione di Nitriti: Azoto nitroso - metodo spettrometrico"
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. I

3.9.5.10 Determinazione della durezza.

Riferimenti normativi:

- UNI-UNICHIM 10505:96
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. I

3.9.5.11 Determinazione del pH.

Riferimenti normativi:

- UNI-UNICHIM 10501:96
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. II

3.9.5.12 Analisi batteriologica con determinazione di coliformi totali, coliformi fecali, streptococchi e salmonelle.

Riferimenti normativi:

- UNICHIM, metodo MU n° 959:94
- UNICHIM, metodo MU n° 952-1 (2001): "Coliformi totali"
- UNI-UNICHIM 10675:2010
- UNICHIM, metodo MU n° 953-1 (2001) e n° 953-2 (2001) "Coliformi fecali"
- UNICHIM, metodo MU n° 954-1 (2002):"Streptococchi fecali metodo MF"
- UNI-UNICHIM 10677(2011)

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3.9.5.13 Determinazione della conducibilità e della temperatura.

Riferimenti normativi:

- UNICHIM, metodo MU n° 930/94
- UNI-UNICHIM 10500:96
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. I – II

3.9.5.14 Determinazione del contenuto in calcio.

Riferimenti normativi:

- UNI EN ISO 7980 (2002) Qualità dell'acqua - Determinazione di calcio e magnesio - Metodo per spettrometria di assorbimento atomico
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. II

3.9.5.15 Determinazione del contenuto in magnesio.

Riferimenti normativi:

- UNI-UNICHIM 10541 (1996). Acque destinate al consumo umano - Metodo 902 Magnesio
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. II
- UNI 7980 (2002) Qualità dell'acqua - Determinazione di calcio e magnesio - Metodo per spettrometria di assorbimento atomico

3.9.5.16 Determinazione del contenuto in sodio.

Riferimenti normativi:

- UNI-UNICHIM 10543:96
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. II

3.9.5.17 Determinazione del contenuto in potassio.

Riferimenti normativi:

- UNI-UNICHIM 10542:96
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. II

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI

PARTE II - SEZIONE 4
DEMOLIZIONI

4.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
4.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
4.3 DEFINIZIONI
4.4 ABBREVIAZIONI
4.5 ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI
4.6 CONTROLLI

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/06/2014	Emissione per Applicazione	D. Magnifico	F. Iacobini	P.G.Firmi

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

INDICE

4.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE 3
4.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO 3
4.2.1 NORMATIVA NAZIONALE 3
4.3 DEFINIZIONI 3
4.4 ABBREVIAZIONI 3
4.5 ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI 4
4.6 CONTROLLI 5
4.6.1 CONTROLLI PRELIMINARI 5
4.6.2 CONTROLLI FINALI 6
4.6.3 CONTROLLI RELATIVI A DANNI E RIPRISTINI 6

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

4.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione fa riferimento a tutte le demolizioni parziali o totali di opere civili, anche interrate, che si rendessero necessarie nel corso dell'esecuzione dei lavori qualunque siano il mezzo e la modalità utilizzati per eseguirle comprendendo anche le demolizioni di parti o strutture di acciaio o materiali simili.

4.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

4.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- Legge 27/03/1992, n. 257 "Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto" e relativa Circolare 17/02/1993, n. 124976 del Ministero dell'Industria del Commercio e dell'Artigianato: "Modello unificato dello schema di relazione di cui all'art. 9, commi 1 e 3, della legge 27 marzo 1992, n. 257, concernente le imprese che utilizzano amianto nei processi produttivi o che svolgono attività di smaltimento o di bonifica dell'amianto"
- Decreto Ministeriale Sanità 06/09/1994 "Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto" e relativa Circolare Ministero Sanità 12/04/1995, n. 7 "Circolare esplicativa del decreto ministeriale 06/09/1994"
- Decreto Ministeriale Sanità 14/05/1996 "Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art. 5, comma 1, lettera f), della legge 27 marzo 1992, n. 257, recante "Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto"
- D.lgs. 03 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale"
- D.lgs. 09 aprile 2008, n. 81 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro"

4.3 DEFINIZIONI

Contratto: contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l'acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l'esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla stazione appaltante;

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale);

FERROVIE: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (Direzione Lavori, Alta sorveglianza)

Prova: forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni delle FERROVIE.

4.4 ABBREVIAZIONI

CE: Comunità Europea

CNR: Centro Nazionale delle Ricerche

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

DPI: Dispositivi di protezione individuale

DPR: Decreto Presidente della Repubblica

DUVRI: Documento unico valutazione dei rischi da interferenze

EN: Euro Norma

IEC: International Electro Technical Commission

ISO: International Organization for Standardization

POS: Piano operativo di sicurezza

PSC: Piano di sicurezza e coordinamento

SIGS: Sistema Integrato Gestione della Sicurezza

UNI: Ente Nazionale Italiano di Unificazione

4.5 ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI

Per l'effettuazione dei lavori, l'ESECUTORE dovrà adottare tutti gli accorgimenti e le cautele atte a garantire la sicurezza, con particolare riferimento all'incolumità del personale addetto ai lavori. A tal fine dovrà osservare e far osservare scrupolosamente tutte le prescrizioni delle leggi vigenti.

Le attività di demolizione devono essere eseguite nel rispetto del Piano Operativo di Sicurezza (POS) dell'ESECUTORE, coordinato con il Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC).

Quando tale attività non rientra tra quelle previste, potrà essere eseguita, sempre nel rispetto del PSC, solo dopo che questo sia stato opportunamente aggiornato.

Prima dell'inizio dei lavori l'ESECUTORE è tenuto a redigere ed a trasmettere per approvazione alle FERROVIE una relazione tecniche che riporti:

- Data e luogo della demolizione;
- Oggetto della demolizione;
- Mezzi e attrezzature principali da impiegare;
- Modalità di demolizione;
- Tempistica d'intervento;
- Allontanamento o reimpiego del materiale demolito.

Nel caso d'impiego di esplosivi, sono a carico dell'ESECUTORE gli oneri connessi con la richiesta e l'ottenimento di tutti i permessi necessari da parte delle competenti Autorità, la fornitura di tutti i materiali necessari e il loro trasporto, stoccaggio e impiego in linea con le misure di sicurezza fissate dalla legge.

Sempre nel caso di impiego di esplosivi, o comunque per attività che richiedono particolari qualifiche, l'ESECUTORE è tenuto ad utilizzare personale in possesso dei titoli di qualifica previsti dalla legge, documentandolo opportunamente.

Le operazioni di rimozione e smaltimento di materiali contenenti amianto (MCA) dovranno essere condotte secondo quanto previsto dalla vigente normativa in materia di Ambiente e Sicurezza e, in particolare, secondo quanto previsto al titolo IX capo III del D.lgs. 81/2008 e s.m.i. Le attività dovranno essere condotte da impresa specializzata iscritta alla categoria 10 dell'Albo Nazionale Gestori Ambientali, istituito ai sensi del

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

D.lgs. 152/2006 e dovranno essere applicate le disposizioni e apprestamenti prescritti nei Piani di Lavoro e dalle ASL competenti.

Sono a carico dell'ESECUTORE le operazioni connesse all'eventuale interruzione e ripristino di servizi elettrici e telefonici, reti di distribuzione acqua, gas, reti e canalette di drenaggio, ecc.

L'ESECUTORE è tenuto al recupero con ordine e alla eventuale pulizia di tutti i materiali dei quali, secondo le indicazioni del progetto, si prevede il riutilizzo. Tali materiali devono essere trasportati ed immagazzinati o accatastati nei luoghi previsti dal progetto o, quando non previsti, in aree rese disponibili dall'ESECUTORE, con le modalità concordate con le FERROVIE.

E' a carico dell'ESECUTORE il carico, il trasporto, lo scarico e la sistemazione differenziata in linea con la normativa vigente di tutto il materiale di rifiuto. Gli impianti di smaltimento o di recupero, se non già individuati dal progetto, devono essere proposti dall'ESECUTORE e approvati dalle FERROVIE. All'ESECUTORE in questo caso spetta anche l'ottenimento di tutti i permessi necessari.

Tra gli oneri dell'ESECUTORE rientra anche, salvo diverse prescrizioni di progetto, la pulizia delle aree sulle quali sono eseguite le opere di demolizione nonché il riempimento di eventuali scavi fino ad ottenere un piano di lavoro adeguato allo svolgimento delle successive operazioni previste dal progetto. Tutte queste operazioni, ed in particolare gli eventuali rinterri, devono essere eseguite in linea con le prescrizioni delle pertinenti sezioni del capitolato.

Eventuali danni a terzi causati dalle operazioni di demolizione sono a carico dell'ESECUTORE.

Nel corso dei lavori deve, quindi, essere garantita la protezione delle installazioni circostanti. Spetta all'ESECUTORE la ricostruzione delle opere eventualmente danneggiate durante i lavori di demolizione, fino a riportarle nello stato in cui si trovavano prima dei lavori stessi, secondo quanto concordato nei Testimoniali di Stato.

L'ESECUTORE è, inoltre, tenuto a realizzare le opere provvisionali e/o a definire le modalità operative finalizzate ad evitare la formazione e la propagazione della polvere eventualmente utilizzando anche convogliatori a terra (è vietato il getto dall'alto dei materiali di risulta).

L'ESECUTORE dovrà anche realizzare la recinzione provvisoria, apporre la necessaria segnaletica diurna e notturna e garantire la necessaria illuminazione nei luoghi soggetti alle demolizioni.

Tagli eventuali con fiamma ossidrica o con attrezzature elettromeccaniche e/o manuali rientrano nello scopo del lavoro dell'ESECUTORE.

In fase di demolizione si dovrà assolutamente evitare l'accumulo di materiali di risulta sulle strutture da demolire o sulle opere provvisionali in misura tale che si verifichino sovraccarichi o spinte pericolose.

Dove necessario la predisposizione di adeguati consolidamenti del terreno circostante, prima di ogni rimozione di elementi strutturali, secondo le procedure descritte nella Sezione 10 "Opere di miglioramento, rinforzo e stabilizzazione" del presente Capitolato, è a carico dell'ESECUTORE come anche il riempimento degli scavi residui secondo modalità concordate con le FERROVIE.

4.6 CONTROLLI

4.6.1 CONTROLLI PRELIMINARI

L'ESECUTORE dovrà predisporre la documentazione indicata di cui al paragrafo 4.5.

In particolare, prima dell'inizio delle attività, l'ESECUTORE dovrà eseguire le verifiche previste su tutte le attrezzature di protezione, segnalazione e sicurezza previste, nonché sulle predisposizioni necessarie a

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

garantire la salvaguardia dei manufatti circostanti l'opera da demolire e sulle opere provvisionali finalizzate ad evitare lo spandimento delle polveri.

4.6.2 CONTROLLI FINALI

A demolizione avvenuta devono essere verificati:

- la corretta ed efficace effettuazione della demolizione prevista;
- nel caso di impiego di esplosivi, il regolare brillamento di tutte le cariche predisposte;
- gli eventuali danni alle opere esistenti da salvaguardare;
- la qualifica dei mezzi adibiti al trasporto dei detriti e, se previsto il conferimento ad impianto di smaltimento/recupero, verificando che esso abbia le necessarie qualificazioni richieste dalla legge, in funzione del materiale conferito;
- la pulizia dell'area e le condizioni della superficie finita dell'area secondo quanto richiesto al paragrafo 4.5.

4.6.3 CONTROLLI RELATIVI A DANNI E RIPRISTINI

Nel caso l'ESECUTORE accerti danni a manufatti esistenti egli dovrà procedere come segue:

- dovrà emettere una relazione tecnica da trasmettere alle FERROVIE, nella quale si descrivano i danni riscontrati, si illustrino i provvedimenti provvisori e di ripristino che si prevede di effettuare sull'opera danneggiata.
- Dovrà procedere alla verifica dei danni contestualmente alle FERROVIE, se da queste richiesto.

A valle del ricevimento della relazione e dell'eventuale verifica congiunta, le FERROVIE potranno formulare eventuali commenti alle operazioni di ripristino previste.

Sulla base di questa relazione, a valle degli eventuali commenti delle FERROVIE, l'ESECUTORE dovrà emettere un piano di controlli relativo alle verifiche e collaudi correlati all'intervento sul manufatto danneggiato. Saranno adottate, a tale fine, procedure e specifiche relative ai tipi di lavorazioni o realizzazioni d'opera implicate nello svolgimento dell'intervento.

Tale Piano di Controlli. sarà trasmesso alle FERROVIE per approvazione.

Successivamente alla suddetta approvazione, l'ESECUTORE procederà, in concomitanza alle fasi relative, alle verifiche previste dal Piano di Controlli approvato.

Tutta la suddetta documentazione costituirà il dossier del restauro dell'opera danneggiata.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI

PARTE II - SEZIONE 5
OPERE IN TERRA E SCAVI

5.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
5.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
5.3 DEFINIZIONI
5.4 ABBREVIAZIONI
5.5 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI
5.6 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI
5.7 CONTROLLI
5.8 CONTROLLI SUGLI SCAVI
5.9 CONTROLLI SUI RINTERRI
5.10 CONTROLLI SUI RILEVATI

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/06/2014	Emissione per Applicazione	A. Latorre	F. Iacobini	P. Firmi

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

INDICE

5.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE **4**
5.1.1 SCOPO **4**
5.1.2 CAMPO D'APPLICAZIONE **4**
5.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO **4**
5.2.1 NORMATIVA NAZIONALE **4**
5.2.2 NORMATIVA TECNICA **5**
5.2.3 NORMATIVA FERROVIARIA **5**
5.3 DEFINIZIONI **6**
5.4 ABBREVIAZIONI **6**
5.5 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI **6**
5.5.1 DISERBAMENTO E SCOTICAMENTO **6**
5.5.2 SCAVI IN GENERE **7**
5.5.3 RINTERRI **8**
5.5.4 RILEVATI **9**
5.5.4.1 Rilevato ferroviario 10
5.5.4.2 Rilevato ferroviario a ridosso delle opere d'arte 14
5.5.4.2.1 Rilevato-viadotto *14*
5.5.4.2.2 Rilevato-scatolare *15*
5.5.4.3 Rilevato stradale 16
5.5.5 DUNE, RITOMBAMENTI, COLLINE ARTIFICIALI **16**
5.5.6 TRINCEE **17**
5.5.6.1 Trincee ferroviarie 17
5.5.6.2 Trincee stradali 17
5.5.7 STRATO "SUPERCOMPATTATO" **17**
5.5.7.1 Strato "supercompattato" per rilevati e trincee ferroviarie 17
5.5.7.2 Strato di sottofondo per rilevati e trincee stradali 19
5.5.8 INERBIMENTO **19**
5.6 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI **20**
5.6.1 PRESCRIZIONI ED ONERI PARTICOLARI PER LA GESTIONE DEI MATERIALI IN ESCLUSIONE DAL REGIME DEI RIFIUTI **21**
5.6.2 PRESCRIZIONI ED ONERI PARTICOLARI PER LA GESTIONE DEI MATERIALI IN REGIME DEI RIFIUTI **22**
5.7 CONTROLLI **25**
5.7.1 PRESCRIZIONI GENERALI **25**
5.8 CONTROLLI SUGLI SCAVI **26**

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

5.8.1 SCAVI A MANO O A MACCHINA 26
5.8.1.1 Controllo della geometria 26
5.8.1.2 Controllo della densità secca 26
5.8.1.3 Controllo del modulo di deformazione 26
5.8.2 SCAVI CON ESPLOSIVI 26
5.9 CONTROLLI SUI RINTERRI 28
5.9.1 CONTROLLI SUI MATERIALI 28
5.9.2 CONTROLLO DELLA DENSITÀ SECCA 28
5.9.3 CONTROLLO DEL MODULO DI DEFORMAZIONE 28
5.9.4 CONTROLLO DELLO SPESSORE DEGLI STRATI 28
5.10 CONTROLLI SUI RILEVATI 29
5.10.1 RILEVATI FERROVIARI 29
5.10.1.1 Controlli sui materiali 29
5.10.1.2 Corpo del rilevato 29
5.10.1.3 Controlli sul contenuto d'acqua dei materiali 29
5.10.1.4 Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati 29
5.10.1.5 Controlli sulla densità secca 29
5.10.1.6 Controllo del modulo di deformazione 30
5.10.1.7 Controllo della geometria del rilevato 30
5.10.1.8 Controllo dell'inerbimento delle scarpate del rilevato 30
5.10.1.9 Monitoraggi 30
5.10.2 RILEVATI A RIDOSSO DI OPERE D'ARTE 30
5.10.2.1 Controllo del materiale 30
5.10.2.2 Controllo della densità secca 30
5.10.2.3 Controllo del modulo di deformazione 31
5.10.2.4 Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati 31
5.10.3 RILEVATI STRADALI 31
5.10.4 CONTROLLI SULLE DUNE, RITOMBAMENTI E COLLINE ARTIFICIALI 31
5.10.5 CONTROLLI SULLE TRINCEE 31
Trincee ferroviarie 31
5.10.5.1 31
5.10.5.1.1 Controlli sui materiali 31
5.10.5.1.2 Controlli sulla densità secca 31
5.10.5.1.3 Controllo del modulo di deformazione 31
5.10.5.1.4 Monitoraggi 32
5.10.5.2 Trincee stradali 32
5.10.6 CONTROLLI SULLO STRATO SUPERCOMPATTATO 32
5.10.6.1 Controlli sui materiali 32
5.10.6.2 Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati 32
5.10.6.3 Controlli sulla densità secca 32
5.10.6.4 Controllo del modulo di deformazione 32

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

5.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

5.1.1 SCOPO

Lo scopo della presente sezione del Capitolato è quello di definire le prescrizioni e i requisiti richiesti per l'esecuzione degli scavi e delle opere in terra quali rinterri, rilevati, trincee e delle altre categorie di lavoro definite nel seguito.

Si precisa che, nel rispetto dei principi generali di tutela ambientale, la gestione dei materiali di risulta e dei materiali da utilizzare per l'esecuzione delle lavorazioni oggetto del presente Capitolato potrà essere assoggettata ai disposti normativi per la gestione degli stessi in qualità di rifiuti o in esclusione dal regime dei rifiuti, per i quali si rimanda ai documenti specialistici di riferimento (progetto e documenti contrattuali) nonché a quanto disciplinato dalla normativa ambientale vigente (D.Lgs. 152/06 e s.m.i., D.M. 161/2012, L. 98/2013, D.M. 05/02/98 e s.m.i., D.M. 27/09/2010, etc.).

5.1.2 CAMPO D'APPLICAZIONE

Le prescrizioni del presente Capitolato si applicano alle categorie di lavoro di seguito elencate:

- Diserbamento e scoticamento
- Scavi
- Rinterri
- Rilevati
- Trincee
- Dune, colline artificiali, ritombamenti

Nei paragrafi seguenti sono definite le prescrizioni relative a ciascuna categoria di lavoro nonché le prescrizioni ed oneri di carattere generale e i controlli da eseguire.

5.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

5.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- D.Lgs. 03 aprile 2006 n° 152"Norme in materia ambientale"
- DM Ambiente 5 aprile 2006, n. 186 decreto di modifica del Decreto Ministeriale 5.2.98. "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5.2.97, n. 22"
- D.M Infrastrutture 14 gennaio 2008 "NUOVE NORME TECNICHE PER LECOSTRUZIONI";
- Circolare 02 febbraio 2009 n° 617/ C.S.LL.PP;
- Decreto Ministeriale 27 settembre 2010 "Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica, in sostituzione di quelli contenuti nel decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio 3 agosto 2005"
- Decreto del Ministero dell'Ambiente n. 161 del 10agosto 2012 "Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo"
- Legge del 9 agosto 2013, n. 98 - "Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto Legge 21 giugno 2013, n. 69, recante disposizioni urgenti per il rilancio dell'economia"

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

5.2.2 NORMATIVA TECNICA

- CNR BU n°29 "Norme sui misti cementati"
- CNR BU n.110/85 Norme sui geotessili: determinazione della massa per unità di superficie di un geotessile
- CNR BU n. 142/92 Norme sui geotessili: prova di trazione sui geotessili non tessuti
- CNR BU n. 143/92 Norme sui geotessili: determinazione della resistenza alla lacerazione
- CNR BU n° 146 "Determinazione del modulo Md e Md1 mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare"
- UNI 8279-13: 1985 "Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione del coefficiente di permeabilità radiale all'acqua".
- UNI 8279-14: 1985 "Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione della resistenza al punzonamento e della deformazione a rottura (metodo della penetrazione)"
- UNI 11531-1: 2014 – Criteri per l'impiego dei materiali – Parte 1 – Terre e miscele di aggregati non legati
- UNI EN 933-8: 2012 "Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati –Parte8: Valutazione dei fini - Prova dell'equivalente in sabbia"
- UNI EN 933-9: 2013 "Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 9: Valutazione dei fini - Prova del blu di metilene"
- UNI EN 1097-2: 2010 "Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 2: Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione"
- UNIEN 12224: 2001 "Geotessili e prodotti affini - Determinazione della resistenza agli agenti atmosferici"
- UNIEN 12225: 2001 "Geotessili e prodotti affini - Metodo per la determinazione della resistenza microbiologica mediante prova di interramento"
- UNI EN 13242:2008 "Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade"
- UNI EN 13250: 2014 "Geotessili e prodotti affini - Caratteristiche richieste per l'impiego nella costruzione di ferrovie"
- UNI EN 13286-2: 2010 "Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 2: Metodi di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Costipamento Proctor"
- UNI EN 13286-47: 2012 Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 47: Metodo di prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR, dell'indice di portanza immediata e del rigonfiamento"
- UNI EN ISO 9863-1: 2005 "Geosintetici - Determinazione dello spessore a pressioni specificate - Parte 1: Strati singoli"
- UNI EN ISO 9864: 2005 "Geosintetici - Determinazione della massa areica di geotessili e prodotti affini"
- UNI EN ISO 10319: 2008 "Geosintetici - Prova di trazione a banda larga"
- UNI EN ISO 10320:2002 "Geotessili e prodotti affini - Identificazione in sito"
- UNI EN ISO 12236: 2006 "Geosintetici - Prova di punzonamento statico (metodo CBR)"
- UNI EN ISO 12956: 2010 "Geotessili e prodotti affini - Determinazione della dimensione di apertura (opening size) caratteristica"
- UNI EN ISO 13433: 2006 "Geosintetici - Prova di punzonamento dinamico (prova di caduta del cono)"

5.2.3 NORMATIVA FERROVIARIA

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie, Codifica:RFI DTC INC CS SP IFS 001A
- Trattamento delle terre con calce, Codifica: RFI DTC INC SP IFS 008A

5.3 DEFINIZIONI

- **Contratto:** contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l'acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l'esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla stazione appaltante;
- **Direzione lavori:** ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali;
- **Direttore dei lavori:** soggetto che ha la responsabilità del coordinamento e della supervisione dell'attività di tutto l'ufficio di direzione dei lavori, ed interloquisce in via esclusiva con l'esecutore in merito agli aspetti tecnici ed economici del contratto. Cura che i lavori siano eseguiti a regola d'arte ed in conformità al progetto e al contratto.
- **ESECUTORE:** Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale)
- **FERROVIE:** Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (Direzione Lavori, Alta sorveglianza)
- **Prova:** forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni delle FERROVIE.

5.4 ABBREVIAZIONI

EN: Euronorma

UNI: Unificazione Nazionale Italiana

ISO: International Organization for Standardization

IEC: International ElectrotechnicalCommission

SISTRI: SIStema Tracciabilità Rifiuti

DL: Direzione Lavori

CER: Codice Europeo dei Rifiuti

5.5 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

Le terre da utilizzare per l'esecuzione delle opere in terra diseguito descritte, per essere ritenute idonee e quindi impiegabili, dovranno soddisfare i requisiti di idoneità e i criteri di classificazione delle terreindicati nella norma UNI 11531-1/2014.

Per le terre da trattare con calce dovranno essere applicate le prescrizioni della Specifica Tecnica "Trattamento delle terre con calce", codifica RFI DTC INC SP IFS 008A.

5.5.1 DISERBAMENTO E SCOTICAMENTO

Il diserbamento consiste nella rimozione ed asportazione di erbe, radici, cespugli, piante e alberi.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Lo scoticamento consiste nella rimozione ed asportazione del terreno vegetale, di qualsiasi consistenza e con qualunque contenuto d'acqua.

Nell' esecuzione dei lavori l'ESECUTORE dovrà attenersi a quanto segue:

a) il diserbamento e lo scoticamento del terreno dovranno sempre essere eseguiti prima di effettuare qualsiasi lavoro di scavo o formazione di rilevato secondo piani regolari individuati da livellette longitudinali come riportato nel progetto costruttivo.

b) Dovrà indicare i limiti dell'area di costruzione e, dove necessario, la DIREZIONE LAVORI indicherà tutti gli alberi, i cespugli, le piante ed altro che dovrà essere lasciato sul posto.

c) Tutto il materiale vegetale, inclusi ceppi e radici, dovrà essere completamente rimosso.

5.5.2 SCAVI IN GENERE

Per scavo s'intende l'enucleazione, rimozione e trasporto di terreni di qualsiasi natura e di materiali litoidi che rientrino nelle seguenti categorie:

- terreni vegetali ed organici, suoli, riporti artificiali di varia natura;
- terreni sciolti e granulari anche se addensati o con modesta cementazione;
- terreni coesivi, a comportamento plastico, in formazioni spazialmente omogenee, o alternati a modesti livelli di materiale granulare cementato;
- materiali litoidi alterati nonché masse rocciose fessurate, con orientamento non preferenziale delle fessure con separazione della massa in blocchi di dimensionenon superiore ad un metro cubo, non cementati.

Si intendono materiali litoidi quei materiali rocciosi coerenti e compatti che debbono necessariamente essere scavati con l'ausilio di macchine ad azione demolitrice, ripper, demolitori, fioretti, martelli pneumatici, cunei idraulici, miscele espansive, etc... Sono comprese anche le rocce in strati alternati nelle quali la presenza di fessurazioni e/o alterazioni non rechi pregiudizio alla compattezza dell'intera massa, ovvero con presenza di cemento di consistenza litoide nelle fessure.

Gli scavi possono essere:

- scavi di sbancamento: scavi interessanti superfici di dimensioni tali da consentire al mezzo di trasporto di raggiungere il fronte o il fondo di scavo;
- scavi di fondazione: scavi per i quali il fronte o il fondo di scavo è inaccessibile al mezzo di trasporto;
- scavi a sezione obbligata e/o ristretta: scavi continui (correnti o limitati) di sezione trasversale ristretta, da eseguirsi dal piano di campagna.

Gli scavi potranno essere eseguiti a mano, con mezzi meccanici e, ove previsto, con l'impiego di esplosivi.

Nella esecuzione dei lavori di scavo l'ESECUTOREdovrà farsi carico delle prescrizioni e degli oneri di seguito elencati a titolo descrittivo e non limitativo.

a) Rifinire il fondo e le pareti dello scavo non provvisionale secondo quote e pendenze di progetto.

   L'Esecutore avrà cura che il fondo dello scavo sia compattato secondo le indicazioni del progetto.

b) Segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi, per eventuale ispezione da parte della DIREZIONE LAVORI, ove previsto dal Piano dei Controlli, prima di procedere a fasi di lavoro successive.

   Nel caso in cui questa prassi non venisse rispettata, la DIREZIONE LAVORI potrà richiedere all'ESECUTORE di rimettere a nudo le parti occultate senza che questi abbia diritto al riconoscimento di

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

alcun maggior onere.

c) Provvedere alla demolizione e/o rimozione dei trovanti di qualsiasi natura e dimensione provvedendo altresì alla frantumazione dei materiali non trasportabili e/o non riutilizzabili.

d) Eseguire, ove previsto dai documenti di progetto e/o richiesto dalla DIREZIONE LAVORI, scavi campione con prelievo di saggi e/o prove in sito ed analisi di laboratorio.

e) Recintare e apporre sistemi di segnaletica diurna e notturna alle aree di scavo.

f) Provvedere, con qualsiasi sistema (paratie, palancolate, sbatacchiature, puntellamenti, armature a cassa chiusa, etc.), al contenimento delle pareti degli scavi in accordo a quanto prescritto dai documenti di progetto, nel rispetto del piano di sicurezza ed in conformità alle norme di sicurezza.

g) Adottare tutte le cautele necessarie (indagini preliminari, sondaggi, scavi campioni, etc.) per evitare il danneggiamento di manufatti e reti interrate di qualsiasi natura, inclusi, ove necessario la temporanea deviazione ed il tempestivo ripristino delle opere danneggiate o temporaneamente deviate.

h) Provvedere ad un adeguato drenaggio per evitare accumuli d'acqua nel fondo dello scavo, nonchè ad aggottamento dell'acqua ove si rendesse necessario. L'ESECUTORE dovrà mantenere durante i lavori tutti i drenaggi funzionanti in modo da assicurare la fuoriuscita dell'acqua. I danni al lavoro, conseguenti a infiltrazioni d'acqua dovute alla mancate realizzazione di idonei drenaggi, dovranno essere immediatamente rimediati dall'ESECUTORE a sue spese.

i) Nel caso di impiego di esplosivi, saranno a carico dell'ESECUTORE:

- Il rispetto delle leggi e normative vigenti, la richiesta e l'ottenimento dei permessi delle competenti Autorità.
- Polvere, micce, detonatori e tutto il materiale protettivo occorrente per il brillamento delle mine, compresa l'esecuzione di fori, fornelli, etc.
- Mezzi, materiali e personale qualificato occorrente, per l'esecuzione dei lavori nel rispetto delle norme di sicurezza.
- Il Coordinamento nei tempi di esecuzione, in accordo al programma di costruzione e nel rispetto dei vincoli e delle soggezioni derivanti dalle altre attività in corso e dalle situazioni locali.

5.5.3 RINTERRI

Per rinterri si intendono:

- l'asportazione di zone di terreno non adeguato, al disotto del piano di posa di manufatti, delle trincee e dei rilevati, effettuata mediante sostituzione dei terreni del sottosuolo con materiale idoneo o mediante il trattamento degli stessi con calce;
- il riempimento di scavi provvisori eseguiti per la realizzazione di fondazioni, cunicoli, pozzetti, e quanto altro;
- la sistemazione superficiale eseguita con o senza apporto di materiale.

Nella effettuazione dei rinterri l'ESECUTORE dovrà attenersi alle seguenti prescrizioni ed oneri:

a) L'asportazione del terreno dovrà essere eseguita quando prevista dal progetto, e ogni qualvolta nel corso dei lavori si dovessero trovare delle zone di terreno non idoneo (per es. un terreno altamente compressibile, non compattabile, dotato di scadenti caratteristiche meccaniche o contenente notevoli quantità di sostanze organiche) e/o comunque non conforme alle specifiche di progetto o a prescrizioni contrattuali.

b) L'asportazione dovrà essere eseguita utilizzando i seguenti materiali; con riferimento alla classificazione

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

delle terre di cui alla norma UNI 11531-1/2014:

- A1, A2, A3 se proveniente da cave di prestito;
- A1, A2, A3, A4 se proveniente dagli scavi.

Il materiale dovrà essere messo in opera a strati di spessore non superiore a 50 cm (materiale sciolto); per il materiale dei gruppi A2 e A4 gli strati dovranno avere spessore non superiore a 30 cm (materiale sciolto).

Qualora sia previsto in progetto, a causa della non disponibilità dei suddetti materiali ad una distanza dal sito di realizzazione dell'opera economicamente conveniente, è consentito l'uso di terre stabilizzate a calce secondo le modalità indicate nella specifica richiamata al punto 5.2.

Dopo la compattazione, il valore della densità secca (AASHTO Modificata EN13286-2) dovrà essere almeno pari a quello previsto per le diverse tipologie di opere in terra, riportato nei paragrafi che seguono; il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a quello previsto per le diverse tipologie di opere in terra, riportato nei paragrafi che seguono; infine il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile, si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i).

c) Nel caso in cui la bonifica di zone di terreno di cui al punto 5.5.3.b) debba essere eseguita in presenza d'acqua, l'ESECUTORE dovrà provvedere ai necessari emungimenti per mantenere costantemente asciutta la zona di scavo da bonificare fino ad ultimazione dell'attività stessa; per il rinterro dovrà essere utilizzato materiale selezionato appartenente esclusivamente ai gruppi A1, A2-4 ed A3 (di cui alla classificazione delle terre della norma UNI 11531-1/2014).

   Qualora le caratteristiche del terreno richiedessero un trattamento profondo di miglioramento, un rinforzo o una stabilizzazione, questo dovrà essere eseguito secondo le prescrizioni di progetto o in accordo con le metodologie descritte con maggiori dettagli nella Sezione Xdel Capitolato "OPERE DI MIGLIORAMENTO, RINFORZO E STABILIZZAZIONE".

d) Il rinterro degli scavi relativi a fondazioni e manufatti in calcestruzzo dovrà essere effettuato con materiale idoneo opportunamente compattato, secondo le prescrizioni del progetto.

e) Il rinterro di scavi relativi a tubazioni interrate e cavi elettrici sarà effettuato con materiali sabbiosi (o comunque con materiali che durante l'operazione di rinterro non danneggino dette installazioni).

f) La sistemazione delle aree superficiali dovrà essere effettuata con materiali idonei sia provenienti dagli scavi che di fornitura dell'ESECUTORE e dovrà essere effettuata con spandimento a strati procedendo alla regolarizzazione delle pendenze secondo le indicazioni del progetto.

5.5.4 RILEVATI

Con il termine "rilevati" sono definite tutte le opere realizzate con terra, destinate a formare il rilevato ferroviario e stradale, ed i piazzali, con esclusione dei lavori inerenti alla sovrastruttura stradale o ferroviaria per i quali si rimanda ad altre Sezioni del presente Capitolato.

Al fine di individuare le diverse parti che costituiscono il rilevato si definisce:

a) piano di posa del rilevato: la superficie del terreno naturale dopo lo scotico o del terreno di riporto dopo l'eventuale bonifica del terreno naturale;

b) primo strato di rilevato o strato anticapillare: primo strato di rilevato, al di sopra del piano di posa, con caratteristiche tali da impedire la risalita dell'acqua per capillarità;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

c) corpo del rilevato: opera in terra, costituita dalla sovrapposizione di strati di terre compattate, necessaria per l'appoggio della sovrastruttura ferroviaria o stradale posta a quota superiore a quella del piano di campagna;

d) ultimo strato del rilevato o strato supercompattato:ultimo strato del rilevato caratterizzato da un elevato grado di costipamento, che costituisce il piano posa del sub-ballast;

e) sub-ballast: strato posto al di sopra del supercompattato avente la funzione di impermeabilizzare gli strati sottostanti e diffondere i carichi ferroviari;

f) piattaforma ferroviaria: piano superiore del rilevato su cui poggia la massicciata.

Si definisce inoltre:

terra trattata con calce: miscela composta da terra, calce viva o idrata ed acqua, in quantità e rapporti tali da modificare le caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche della terra stessa, onde ottenere una miscela idonea per la formazione di strati che, dopo il costipamento, risultino di adeguata resistenza meccanica nonché stabili all'azione dell'acqua e del gelo;

materiali provenienti dalle demolizioni edilizie: sono costituiti principalmente da materiali inerti assortiti di varia natura: sfridi di lavorazioni edilizie, frammenti di conglomerati cementizi anche armati, scarti dell'industria di prefabbricazione di manufatti in calcestruzzo anche armato, che previo trattamento in appositi impianti di riciclaggio, possono essere utilizzati nel rispetto delle vigenti norme in materia ambientale.

5.5.4.1 Rilevato ferroviario

Tutti i rilevati, sia che si impostino sul piano di campagna o che si addossino a rilevati esistenti, dovranno essere eseguiti tenendo conto delle seguenti modalità.

a) Prima della formazione del rilevato, il terreno al di sotto del piano di campagna andrà asportato per uno spessore minimo di 50 cm (scotico) e comunque per tutto lo strato di terreno vegetale. Successivamente dovrà essere preparato il piano di posa, alla quota prevista in progetto, secondo i requisiti previsti nel punto b) del presente paragrafo; se la quota di progetto è superiore a quella dello scotico, la stessa dovrà essere raggiunta con l'apporto di materiale selezionato, rispondente ai requisiti di cui al punto 5.5.3.b) (rinterri).

b) Il piano di posa, che sia costituito dal terreno in sito o da materiale di rinterro, dovrà essere costipato mediante rullatura in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI-EN13286-2).

   Il modulo di deformazione, misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 20MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i).Se il terreno in situ non ha caratteristiche adeguate ai requisiti richiesti, dovrà essere effettuata la bonifica, secondo quanto previsto al punto 5.5.3.b) (rinterri).

c) Il primo strato di rilevato o strato anticapillare, posto al di sopra del piano di posa, dovrà avere uno spessore di 50 cm (materiale compattato)e dovrà essere costituito da pietrischetto con dimensioni comprese tra 2 e 25 mm avente le seguenti caratteristiche granulometriche(UNI 11531-1/2014):

Tabella 5.5.1

Dimensione granuli	Passante

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

25 mm	100 %
2 mm	≤15%
0,063 mm	≤ 3 %

Equivalente in sabbia (SE)≥70%.

Resistenza alla frammentazione LA≤40%.

L'impiego di materiali di diversa granulometria è possibile solo nel caso in cui l'ESECUTORE, seguendo le indicazioni del DL che sentirà in proposito i progettisti, esegua una sperimentazione su campo prova volta a dimostrare che la massima risalita capillare non supera la metà dello strato anticapillare stesso.

Il materiale dovrà essere steso in strati non superiori a 50 cm (materiale sciolto) e costipato mediante rullatura. Il modulo di deformazione, misurato mediante prova di carico su piastra al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa – 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 20MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile, si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i).

Ove previsto dalle sezioni tipologiche tra il sottofondo e lo strato anticapillare sarà interposto un telo di geotessile non tessuto, in polipropilene e/o poliestere, non rigenerato, coesionato meccanicamente mediante agugliatura, esente da trattamenti chimici o termici, rispondente alla norma UNI EN 13250 e avente le caratteristiche minime riportate alla tabella seguente.

Tabella 5.5.2

CARATTERISTICHE	VALORI LIMITE	NORME DI RIF. UNI
Massa areica	≥ 250 g/m²	UNI EN ISO 9864
Spessore: a 2 KPa	≥ 2 mm	UNI EN ISO 9863-1
Resistenza a trazione: valor medio valor minimo*	≥ 18 kN/m ≥ 16 kN/m	EN ISO 10319
Allungamento a rottura longitudinale e trasversale	50÷85 %	EN ISO 10319
Resistenza al punzonamento statico: valor medio valor minimo*	≥ 2,6 kN ≥ 2,2 kN	EN ISO 12236
Resistenza al punzonamento dinamico: diametro del foro		UNI EN ISO 13433

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

	≤ 10 mm	
Permeabilità radiale: a 2 KPa a 200 KPa	 ≥ $3x10^{-1}$ cm/s ≥ $3x10^{-2}$ cm/s	 UNI EN ISO 8279/13
Apertura caratteristica O	90 μm	EN ISO 12956

*definito come valore limite inferiore con probabilità di superamento del 95%.

Il geotessile dovrà essere marcato CE secondo la norma armonizzata UNI EN ISO 10320. Inoltre, il geotessile dovrà essere conforme alle UNI EN 12224 e 12225, relative rispettivamente ai metodi per la determinazione della resistenza microbiologica e agli agenti atmosferici.

I rotoli di geotessile dovranno essere opportunamente protetti durante il periodo di stoccaggio del materiale ed i tempi di copertura dopo la posa in opera dovranno essere inferiori a quelli indicati dal produttore; in caso di stoccaggio non conforme o di posa in opera successiva alla data indicata, l'Esecutore dovrà effettuare tutte le prove e i controlli atti a garantire i requisiti richiesti dal presente Capitolato.

Il geotessile dovrà essere risvoltato per almeno 3 m da entrambi i lati sulla faccia superiore dello strato, qualora lo strato di rilevato che sormonta l'anticapillare abbia contenuto in fino (0.063 mm) minore del 35%. Se invece tale strato avesse contenuto in fino maggiore o uguale al 35%, il geotessile ricoprirà completamente l'anticapillare.

Si precisa inoltre che la prova di piastra andrà eseguita sul piano di posa del rilevato definito come estradosso del riempimento di spessore non inferiore a 50 cm (materiale compattato) realizzato al di sotto del piano campagna.

Se i terreni sovrastanti appartengono alle classi A2 e A4 il geotessile dovrà ricoprire completamente lo strato anticapillare.

d) Nella formazione del corpo del rilevato dovranno essere innanzitutto impiegate le terre provenienti da scavi di sbancamento, di fondazione o di galleria appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A2-6, A2-7, A3 e A4, di cui alla classificazione delle terre della norma UNI 11531-1/2014, e inoltre terre provenienti da cave di prestito, appartenenti agli stessi gruppi. Non dovranno essere impiegate terre del gruppo A3 con coefficiente di disuniformità minore o uguale a7inteso quale rapporto tra i passanti ai setacci 0,4 mm e 0,063 mm.

   Qualora sia previsto in progetto a causa della non disponibilità dei suddetti materiali in un raggio economicamente conveniente, è consentito l'uso di terre stabilizzate a calce o materiali provenienti dalle demolizioni edilizie secondo le modalità indicate nelle norme vigenti e nelle specifiche tecniche di RFI.

   L'utilizzo di terre piroclastiche dovrà essere esplicitamente autorizzato dalla DIREZIONE LAVORI.

   Lo spessore delle strato(materiale soffice/sciolto) deve essere adeguato ai mezzi di compattazione, in maniera da ottenere un'omogeneità di compattazione per tutta l'altezza dello strato finito. Qualora il materiale presenti un trattenuto al setaccio31.5mm maggiore del 35%, si dovrà adottare per la determinazione della densità in sito la norma UNI EN 13286-2.

e) Per la formazione del corpo dei rilevati potranno essere impiegati frammenti rocciosi delle dimensioni non maggiori di 125 mm (UNI 11531-1/2014) così da poter formare strati dello spessore massimo di 50 cm. Da un punto di vista litologico è da escludere l'impiego di materiali provenienti da marne, argilliti, filladi e micascisti o da rocce soggette a fenomeni di alterazione.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

f) In ogni caso, sia che si tratti di terre, sia che si tratti di rocce frantumate, il grado di uniformità dei materiali utilizzati, definito come il rapporto tra il passante al setaccio D60 e il passante al setaccio D10 (G.U. = D60 / D10) dovrà essere ≥ 15.

g) Il materiale dovrà essere messo in opera con un contenuto d'acqua (UNI EN 13286-2) prossimo all'ottimale; qualora il contenuto d'acqua si discosti di± 2% dal valore ottimale, l'eventuale aggiunta di acqua avverrà mediante dispositivi spruzzatori e l'eventuale essiccamento avverrà per evaporazione, aerando il terreno mediante erpici, aratri a dischi o altri metodi meccanici adeguati alla tipologia del terreno ed allo spessore dello strato da aerare.

h) Il materiale impiegato per la formazione del corpo del rilevato dovrà essere steso in strati di spessore non superiore a 50 cm (materiale sciolto) per le terre dei gruppi A1,A2-4e non superiore a 30 cm (materiale sciolto) per il materiale dei gruppi A2-5, A2-6, A2-7, A3 ed A4.

   Su ciascuna sezione trasversale i materiali impiegati per ciascuno strato dovranno essere dello stesso gruppo o sottogruppo.

   Prima di porre in opera uno strato, il precedente dovrà essere costipato in modo da raggiungere in ogni punto un valore di densità secca almeno pari al 95% della densità massima ottenuta per quella terra con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). In relazione alla difficoltà di ottenere i prescritti valori minimi della densità AASHTO modificata e del modulo di deformazione come più avanti prescritto, l'ESECUTORE, prima di usare terre dei gruppi A2-5 e A2-7, dovrà effettuare opportune prove (in situ e in laboratorio) che attestino la possibilità di raggiungere i prescritti parametri. Di tali prove dovrà essere informata la DIREZIONE LAVORI.

   Nel caso di impiego di frammenti rocciosi, in luogo della prova di densità, si dovranno eseguire, durante la formazione degli strati, solo prove per la determinazione del modulo di deformazione, eventualmente con piastra di diametro D = 600 mm.

   La densità AASHTO modificata sarà determinata secondo i metodi delle prove di cui alla norma UNI EN 13286-2 in relazione alla massima dimensione degli elementi.

i) Per ciascuno strato del corpo del rilevato, il valore del modulo di deformazione mediante prova di carico su piastra, secondo CNR-BU n° 146, dovrà risultare non inferiore a 20 MPa per le zone di rilevato a distanza inferiore a 1 m dai bordi dello stesso e a 40 MPa per la restante zona centrale. Tali valori dei moduli andranno determinati al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa – 0.25 MPa; in entrambi i casi, il rapporto(K)tra i moduli del 1° e 2° ciclo non dovrà essere inferiore a 0.45. Nel caso in cui, nella verifica della compattazione mediante prova di carico su piastra (CNR-BU n° 146), il valore del rapporto tra i moduli del primo e del secondo ciclo di carico risultasse inferiore a0.45, dovrà essere predisposto, prima di procedere ai lavori, un campo prova per definire sperimentalmente il valore massimo del K ottenibile per il tipo di materiale da utilizzare.

Nel corso di detta sperimentazione dovranno inoltre essere definiti:

- le caratteristiche dei rulli (tipo, peso);
- la loro velocità di avanzamento e, nel caso di rulli dinamici, la frequenza delle vibrazioni;
- il numero delle passate;
- lo spessore massimo di ciascuno strato.

Sulla scorta del valore del coefficiente K, così ottenuto, verrà individuato un rango con indice minore, – 10% del suddetto K che definirà il campo di accettabilità delle lavorazioni.

Ogniqualvolta si utilizzi materiale diverso e/o i valori di K, comunque inferiori a 0.45, siano esterni al campo di accettabilità precedentemente determinato, dovrà essere predisposto un nuovo campo prova.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Al termine del campo prova dovrà essere consegnata alla DIREZIONE LAVORI una relazione contenente tutti i dati relativi al campo prova stesso.

l) La superficie superiore degli strati avrà una pendenza trasversale pari a circa il 3% e comunque tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche; dovrà essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi. Detta pendenza dovrà essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere, impiegando allo scopo le livellatrici e apposite squadre di operai.

m) Le scarpate dei rilevati dovranno essere inerbite secondo le prescrizioni riportate nel par. 5.5.8.

n) Le eventuali banche laterali antirifluimento dovranno essere realizzate con gli stessi materiali e le stesse modalità costruttive del corpo del rilevato.

o) Nel caso di allargamento di un rilevato esistente, previa asportazione dello strato di terreno vegetale umifero, si dovrà ritagliare, con ogni cautela, a gradoni orizzontali la scarpa del corpo del rilevato su cui andrà addossato il nuovo materiale, avendo cura di procedere per fasi, facendo immediatamente seguire ad ogni gradonatura (dell'altezza massima di 50 cm) la stessa del relativo nuovo strato (tale da coprire la gradonatura stessa) ed il suo costipamento, in modo da assicurare comunque la viabilità del rilevato esistente.

p) Nel caso di interruzione e/o sospensione delle lavorazioni sul corpo del rilevato e ogni volta che la stesa dello strato di terreno successivo venga effettuata oltre le 72 ore dalla compattazione dello strato sottostante, è necessario spargere, subito dopo la compattazione e per l'intera larghezza del rilevato, fitociti, antigerminali o anche taletissici. Prima della ripresa del lavoro, il rilevato già eseguito dovrà essere ripulito dalle erbe e dalla vegetazione in genere che eventualmente vi si fosse insediata, dovrà essere aerata, praticandovi, inoltre dei solchi per il collegamento dei nuovi materiali come quelli finora impiegati e dovranno essere ripetute le prove di controllo delle compattazioni.

q) L'ultimo strato del rilevato o supercompattato dovrà essere realizzato come riportato al par. 5.5.7.1.

r) Le operazioni di posa in opera e compattazione non dovranno essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stesso. Nel caso di ammaloramenti dovuti a tali cause, la parte deteriorata dovrà essere rimossa e ricostruita a cura e spesa dell'Esecutore.

s) In base alle caratteristiche dei terreni di base dei rilevati vanno rispettati i programmi previsti in progetto per la costruzione dei rilevati stessi in modo che gli eventuali provvedimenti di bonifica o di acceleramento del consolidamento del terreno di posa, possano essere ultimati in tempo utile a garantire che gli assestamenti residui, a far data dal completamento del piano di posa del ballast (compreso l'eventuale strato di sub-ballast), siano non superiori al 10% dei cedimenti teorici e siano comunque inferiori a 5 cm.

5.5.4.2 Rilevato ferroviario a ridosso delle opere d'arte

5.5.4.2.1 Rilevato-viadotto

Qualora non diversamente previsto dal progetto, a ridosso delle spalle dei viadotti, per graduare con continuità la rigidezza del sottofondo dal rilevato all'opera d'arte al di sotto del piano di piattaforma longitudinalmente all'asse della ferrovia, il rilevato dovrà essere costituito, a partire dalla spalla, come nel seguito indicato:

- gli strati di sub-ballast e supercompattato saranno continui fino al muro paraghiaia;
- la zona di rilevato che insiste sulla zattera di fondazione sarà costituita da misto cementato avente le caratteristiche indicate sotto;
- dalla proiezione del filo più interno della zattera, al livello dell'intradosso dello strato supercompattato, il misto cementato sarà proseguito per 1 m all'interno del rilevato e quindi degraderà a 45° per un'altezza di 3

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

m quando le spalle sono più alte di 4 m e fino alla quota di estradosso della fondazione della spalla quando la stessa è più bassa di 4 m;

- per le spalle più alte di 4 m, al di sotto del volume di misto cementato il rilevato sarà costituito da materiale del gruppo A1 fino all'estradosso dello strato anticapillare;
- successivamente per una lunghezza di 4 m al livello di intradosso del supercompattato e degradando all'interno del corpo del rilevato con pendenza 3/2 (3 orizzontale / 2 verticale) il rilevato sarà costituito da materiale del gruppo A1;
- oltre tale volume sarà previsto rilevato standard.

Il misto cementato sarà costituito da inerte calcareo di frantoio rispondente alle norme CNR BU N.29 con fuso di tipo A1 e cemento in ragione del 3% e4% in massa dell'inerte secco. L'acqua di impasto sarà in ragione del 6% circa della massa secca dell'inerte. La resistenza a compressione con provini cilindrici compattati a 7 gg di stagionatura, come previsto dalla norma CNR citata dovrà essere compresa tra 3 e 7 MPa; per ottenere tali risultati potranno essere usati opportuni additivi. L'inerte da impiegare dovrà provenire da frantumazione di rocce calcaree con preferenza per i calcari teneri con esclusione dei misti calcarei di fiume. Il misto cementato dovrà essere costipato alla densità non inferiore al 95% di quella ottenuta in laboratorio, con le modalità previste al punto 2 della normativa CNR citata. La resistenza a trazione determinata con il metodo brasiliano non dovrà essere inferiore a 0.2 MPa su provini cilindrici stagionati a 7 giorni. Il misto dovrà essere confezionato in cantiere di betonaggio e trasportato sul posto con autobetoniere.

Il misto cementato dovrà essere posto in opera in strati di spessore finito di norma di30 cm. La superficie superiore degli strati avrà una pendenza trasversale pari a circa il 3% e comunque tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche; dovrà essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi. Detta pendenza dovrà essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere, impiegando allo scopo le livellatrici e apposite squadre di operai.

Il materiale A1 deve essere steso per strati con le stesse modalità e requisiti degli strati di rilevato.

5.5.4.2.2 Rilevato-scatolare

Quando le strutture scatolari hanno copertura inferiore a 2.50 m (distanza piano ferro-estradosso soletta superiore) andranno trattate le zone di rilevato adiacenti alle strutture scatolari nel modo descritto nel seguito:

- immediatamente a ridosso della struttura sarà prevista una zona costituita da misto cementato, delle caratteristiche sopra definite, per la lunghezza di un metro a partire dall'estradosso della soletta superiore e successivamente degradando a 45° all'interno del corpo del rilevato. Tale volume di misto cementato sarà realizzato fino alla quota del piano di campagna quando l'estradosso della soletta superiore si trova a quota inferiore a + 4.00 m dal p.c., mentre avrà un'altezza di 3.00 m quando la soletta si trova a quota maggiore a 4.00 m;
- successivamente sarà previsto un volume di rilevato costituito da materiale del gruppo A1 fino a 5 m oltre il filo della struttura misurati a livello del supercompattato. La scarpa di tale zona di rilevato avrà pendenza 3/2 all'interno del corpo del rilevato. Nella zona sovrastante la soletta superiore dello scatolare fino all'intradosso del supercompattato il rilevato sarà costituito da materiale del gruppo A1;
- oltre tale zona sarà prevista la realizzazione di un rilevato cosi come prescritto al par. 5.5.4.1.

Quando la distanza fra intradosso supercompattato ed estradosso soletta è inferiore a 20 cm, nella zona sovrastante lo scatolare sarà aumentato lo spessore di supercompattato fino ad appoggiarsi sullo scatolare. Quando invece non è possibile garantire la continuità del supercompattato a causa di bassi ricoprimenti, il misto cementato andrà a coprire lo scatolare ed il supercompattato sarà interrotto ad un metro di distanza dai piedritti.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Il misto cementato dovrà essere posto in opera in strati di spessore massimo (materiale sciolto) di 30 cm. La superficie superiore degli strati avrà una pendenza trasversale pari a circa il 3% e comunque tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche; dovrà essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi. Detta pendenza dovrà essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere, impiegando allo scopo le livellatrici e apposite squadre di operai.

Il materiale A1 deve essere steso per strati con le stesse modalità e requisiti degli strati di rilevato.

5.5.4.3 Rilevato stradale

I rilevati stradali saranno eseguiti con le stesse modalità dei rilevati ferroviari (par.5.5.4.1) con le eccezioni di seguito elencate:

- il piano di posa dovrà essere costipato mediante rullatura in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2).
- Il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 20MPa al primo ciclo di carico;
- lo strato di anticapillare verrà realizzato solo se previsto in progetto;
- per la realizzazione del corpo del rilevato è consentito l'utilizzo di terre trattate a calce per la formazione dell'intero corpo del rilevato ad esclusione dello strato supercompattato;
- la densità secca sugli strati finiti del corpo del rilevato dovrà risultare non inferiore al95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2);
- il modulo di deformazione di ciascuno strato del corpo del rilevato, misurato mediante prova di carico su piastra, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 40MPa.

5.5.5 DUNE, RITOMBAMENTI, COLLINE ARTIFICIALI

Con i termini dune, colline artificiali e ritombamenti si definiscono tutte le opere in terra non rientranti nei rilevati (par. 5.5.4) e che non siano opere di presidio idraulico. Esse verranno realizzate con le stesse modalità dei rilevati ferroviari (punto 5.5.4.1) con le eccezioni di seguito elencate:

- il piano di posa dovrà essere costipato mediante rullatura in modo da ottenere un a densità secca non inferiore al 90% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). Il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 10MPa al primo ciclo di carico e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile, si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i);
- lo strato di anticapillare verrà realizzato solo se previsto in progetto;
- non verrà realizzato lo strato di terreno supercompattato; l'ultimo strato dell'opera in terra avrà le stesse caratteristiche degli strati sottostanti;
- è consentito l'utilizzo di terre trattate a calce per la formazione dell'intera opera in terra;
- dopo la compattazione, la densità secca di ciascuno strato dell'opera in terra dovrà risultare non inferiore al 90% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2);
- il modulo di deformazione dell'opera in terra, misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 15 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile, si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- gli strati verranno stesi e costipati con la pendenza indicata in progetto.

5.5.6 TRINCEE

5.5.6.1 Trincee ferroviarie

Gli scavi in trincea saranno eseguiti con le modalità di cui al punto 5.5.2.

Il terreno in situ, a fondo scavo, potrà essere utilizzato come piano di posa dello strato supercompattato unicamente se risulta appartenere ai gruppi A1, A3 (con coefficiente di disuniformità maggiore di 7) o A2-4, della classifica UNI 11531-1/2014.

Esso dovrà essere costipato in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). Il modulo di deformazione, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 40 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i). In ogni caso, dopo la compattazione, il terreno del piano di posa dovrà avere caratteristiche tali da garantire, sulla sommità dello strato supercompattato, un modulo di 80MPa, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.25 MPa - 0.35MPa e un rapporto tra i moduli del 1° e il 2° ciclo non inferiore a 0.45.

Se il terreno in situ non ha le caratteristiche di cui sopra, si dovrà effettuare la bonifica; il relativo rinterro dovrà essere eseguito secondo le modalità di cui al punto 5.5.3.b), con valore minimo del modulo di 20 MPa, per tutti gli strati che costituiscono la bonifica, ad eccezione dell'ultimo strato, e cioè quello che costituisce la superficie di appoggio del supercompattato, per il quale il valore minimo del modulo, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, deve essere di 40 MPa; inoltre il rapporto tra i moduli del 1° e il 2° ciclo non inferiore a 0.45.

Le scarpate dovranno essere inerbite secondo le prescrizioni riportate nel par. 5.5.8.

5.5.6.2 Trincee stradali

Gli scavi in trincea saranno eseguiti con le modalità di cui al punto 5.5.2.

Il terreno in situ, a fondo scavo, potrà essere utilizzato come piano di posa della sovrastruttura stradale unicamente se risulta appartenere ai gruppi A1, A2, A3 della classificazione di cui alla norma UNI 11531-1/2014.

Esso dovrà essere costipato in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). Il modulo di deformazione, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa - 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 20 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i). In ogni caso, dopo la compattazione, il terreno del piano di posa dovrà avere caratteristiche tali da garantire, sulla sommità dello strato di sottofondo, un modulo di 50MPa, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa - 0.15 MPa.

Se il terreno in situ non ha le caratteristiche di cui sopra, si dovrà effettuare la bonifica; il relativo rinterro dovrà essere eseguito secondo le modalità di cui al punto 5.5.3.b), con valore minimo del modulo di 20 MPa.

Le scarpate dovranno essere inerbite secondo le prescrizioni riportate nel par. 5.5.8.

5.5.7 STRATO "SUPERCOMPATTATO"

5.5.7.1 Strato "supercompattato" per rilevati e trincee ferroviarie

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La superficie costituente il piano di posa del sub-ballast, sia in trincea che in rilevato, sarà realizzata mediante formazione di uno strato di terra compattato di spessore non inferiore a 30 cm (spessore finito).

Per la realizzazione dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

a) Dovranno essere impiegate terreni delle categorie A1,A2-4 e A3, queste ultime se corrette con aggiunta di finopassante al setaccio 0.4 UNI.

b) Il terreno utilizzato dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- dimensione non superiore a 63 mm, con forma non appiattita, allungata o lenticolare;
- granulometria compresa in uno dei due fusi (A o B) di cui alla norma UNI 11531-1/2014 – Prospetto 2;
- perdita in massa, determinata con la prova Los Angeles (UNI EN 1097-2), eseguita, ove possibile, sulle singole pezzature, non superiore al 50%;
- equivalente in sabbia, per i terreni di tipo A3≥ 25 %, con un coefficiente di disuniformità maggiore di 7;
- indice di portanza CBR (UNI EN 13286-47), all'umidità ottima di costipamento, dopo quattro giorni di imbibizione di acqua eseguito sul materiale passante al setaccio31.5, non minore di 50;
- la miscelazione del materiale e la posa in opera dovranno essere eseguite in maniera da garantire l'omogeneità della granulometria che deve sempre rientrare nel fuso scelto (UNI 11531-1/2014 – Fuso A o B).

c) Se le miscele contengono oltre il 60% in massa di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione dovrà avvenire sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti punti.

d) Dovranno comunque essere esclusi terreni di natura pozzolanica od altri materiali piroclastici.

e) Il materiale dovrà essere messo in opera con un contenuto d'acqua (UNI EN 13286-2) prossimo all'ottimale; qualora il contenuto d'acqua si discosti di± 2% dal valore ottimale, l'eventuale aggiunta di acqua avverrà mediante dispositivi spruzzatori e l'eventuale essiccamento avverrà per evaporazione.

f) Le operazioni di posa in opera e compattazione non dovranno essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stesso. Nel caso di ammaloramenti dovuti a tali cause, la parte deteriorata dovrà essere rimossa e ricostruita a cura e spesa dell'Esecutore.

g) Per il costipamento e la rifinitura saranno impiegati rulli vibranti semoventi. L'idoneità delle attrezzature e delle tecniche di costipamento verranno verificate con una prova sperimentale in situ impiegando i materiali risultanti dagli studi preliminari in un campo prova sul quale si eseguiranno le determinazioni del modulo di deformazione mediante prova di carico su piastra e della densità. Se la misura in situ riguarda materiale contenente fino al 25% in massa di elementi di dimensioni maggiori di 25 mm, la densità di riferimento (AASHTO modificata), ottenuta in laboratorio, dovrà essere aumentata in base alla formula:

$$dc = \frac{100}{\frac{100-x}{d_a} + \frac{x}{p_c}}$$

dove:

d_c = densità corretta;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

d_a = densità AASHTO modificata;

x = percentuale in massa degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm;

p_c = massa volumica reale degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm.

Rispetto al valore della densità così aumentata si applicherà la prescrizione del 98%.

Se la percentuale degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm e' compresa tra il 25 % ed il 40 %, al termine x dovrà sempre essere assegnato il valore 25.

h) Dopo il costipamento, in ogni punto la densità secca non dovrà essere inferiore al 98% della massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). Il modulo di deformazione Md, misurato in condizioni di umidità prossime a quella ottima di costipamento, mediante prova di carico su piastra non dovrà essere inferiore a 80MPa al primo ciclo di carico e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i).Sulla sommità dello strato supercompattato, per l'intera larghezza della piattaforma, subito dopo la compattazione, si dovrà intervenire con fitociti, antigerminali o anche taletossici.

5.5.7.2 Strato di sottofondo per rilevati e trincee stradali

La superficie costituente il piano di posa della sovrastruttura stradale, sia in trincea che in rilevato, sarà realizzata mediante formazione di uno strato di terra fortemente compattato di spessore non inferiore a 30 cm (spessore finito).

Per la realizzazione dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

a)Dovranno impiegarsi terreni appartenenti alle categorie A1, A2-4, A2-5 e A3, con un coefficiente di uniformità(D_{60}/D_{10}) maggiore di 7. Inoltre (UNI 11531-1/2014 – punto 4.1.4) è richiesto che:

- non vi siano granuli di dimensioni > 63 mm;
- il passante a 0.063 mm sia ≤ 15 %;
- l'indice di plasticità sia ≤ 6, meglio se N.P.;
- il passante al setaccio da 16 mm sia almeno del 50 %.

b) In ogni punto la densità secca non dovrà essere inferiore al 98% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). Il modulo di deformazione Md, misurato in condizioni di umidità prossime a quella ottima di costipamento, mediante prova di carico su piastra non dovrà essere inferiore a 50 MPa al primo ciclo di carico.

c) L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità ottima in funzione della densità secondo la prova AASHTO modificata avverrà mediante dispositivi spruzzatori.

d) Le operazioni anzidette non dovranno essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello stesso strato supercompattato. Nel caso di ammaloramenti dovuti a tali cause, la parte deteriorata dovrà essere rimossa e ricostruita a cura e spesa dell'Esecutore.

5.5.8 INERBIMENTO

Sulle scarpate del rilevato dovrà essere posato uno strato di terreno vegetale umifero dello spessore di 20 cm da stendere a cordoli orizzontali opportunamente costipati seguendo d'appresso la costituzione del rilevato e ricavando gradoni di ancoraggio, salvo che il rivestimento venga eseguito contemporaneamente alla formazione del rilevato stesso, nel qual caso detti gradoni non sono necessari.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La semina dovrà essere eseguita con semi (di erbe ed arbusti tipo ginestra e simili), scelti in relazione al periodo di semina ed alle condizioni locali, sì da ottenere i migliori risultati. La semina dovrà, se necessario, essere ripetuta fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerbimento.

Si potrà anche provvedere all'inerbimento mediante altri sistemi, con specifiche approvate dalla DL.

Per le scarpate dei rilevati ferroviari e stradali, l'inerbimento verrà effettuato seguendo dappresso la costruzione del rilevato.

5.6 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

a) In merito alla individuazione dei materiali provenienti dagli scavi e riutilizzabili per la costruzione delle opere in terra, sarà cura ed onere dell'ESECUTORE, prima dell'inizio dei lavori, esperire una campagna di indagini allo scopo di fornire alla DIREZIONE LAVORI un'esauriente documentazione sia per quanto attiene le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali che per quanto concerne la disponibilità in funzione delle esigenze quantitative e temporali derivanti dal programma di esecuzione dei lavori.

   Qualora i quantitativi dei materiali individuati fossero insufficienti alle esigenze di costruzione, sarà cura dell'ESECUTORE presentare anche un'analoga documentazione relativa alle cave di prestito.

b) La provenienza ed il tipo di materiale da utilizzare dovranno essere preventivamente comunicati alla DIREZIONE LAVORI.

c) Sarà cura dell'ESECUTORE provvedere all'aerazione ed alla fornitura dell'acqua necessaria per ottenere l'umidificazione ottimale, ai fini della compattazione, dei materiali utilizzati per i rinterri ed i rilevati.

d) In presenza di paramenti flessibili e murature laterali la compattazione a ridosso delle opere dovrà essere tale da escludere una riduzione nell'addensamento e nel contempo il danneggiamento delle opere stesse.

   In particolare si dovrà evitare che i grossi rulli vibranti operino ad una distanza inferiore a 1.5 m. da opere preesistenti.

   A ridosso dei manufatti l'ESECUTORE dovrà usare mezzi di compattazione leggeri quali piastre vibranti, rulli azionati a mano, provvedendo a garantire i requisiti di deformabilità e densità richiesti anche operando su strati di spessore ridotto. Nella formazione di tratti di rilevato rimasti in sospeso per la presenza di tombini, canali, cavi etc. si dovrà garantire la continuità con la parte realizzata impiegando materiali e livelli di compattazione identici.

e) Sarà cura dell'ESECUTORE fare effettuare le prove in sito e di laboratorio previste dalla "Specifiche di Controllo", così come quelle integrative che la DIREZIONE LAVORI ritenesse necessarie per accertare la qualità del lavoro.

f) Per consentire l'effettuazione delle prove in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'ESECUTORE dovrà garantire la presenza in cantiere temporanea o permanente di uno o più laboratori attrezzati per la esecuzione delle prove previste dalle "Specifiche di Controllo".

   Tale laboratorio dovrà avvalersi di personale qualificato e numericamente adeguato al quantitativo di prove da eseguire.

g) Sarà cura dell'ESECUTORE provvedere al controllo e al contenimento di acque di falda e superficiali, provvedendo alla costruzione delle opere di drenaggio definitive ed alla realizzazione di tutte le opere provvisionali (well-point, palancolate, deviazioni, aggottamenti, etc.) atte a garantire la qualità del lavoro da eseguire ed a garantire altresì il regolare deflusso delle acque.

h) Sarà cura dell'ESECUTORE provvedere alla fornitura ed al trasporto dei materiali provenienti da cave di prestito così come di quelli provenienti dagli scavi.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

i) Nel caso in cui, in qualsiasi fase di lavoro, siano rinvenuti oggetti o materiali di valore od oggetti tutelati dalle leggi vigenti, l'ESECUTORE dovrà scrupolosamente attenersi a quanto prescritto dal Contratto.

l) Sarà onere dell'ESECUTORE provvedere alla profilatura delle scarpate, delle banchine e dei cigli ed alla costruzione degli arginelli, se previsti, nonché alla maggiorazione delle dimensioni di progetto dei rilevati per tener conto dell'assestamento delle terre, affinché all'epoca del collaudo i rilevati eseguiti abbiano dimensioni non inferiori a quelle previste nel progetto costruttivo.

m) Sarà onere dell'ESECUTORE il trasporto e lo smaltimento a discarica autorizzata di tutto il materiale di risulta (non idoneo al riutilizzo o comunque esuberante) proveniente dagli scavi o da scarti di vagliatura del materiale accantonato per il riutilizzo.

n) Sarà cura dell'ESECUTORE, durante tutte le fasi di lavorazione, provvedere alla protezione e conservazione dei manufatti esistenti ed all'eventuale ricostruzione, in caso di danneggiamento o temporanea rimozione, nello stato in cui si trovavano prima della effettuazione dei lavori.

o) Sarà cura dell'ESECUTORE provvedere alla pulizia, manutenzione e ripristino del manto stradale, sia relativamente alle strade di cantiere che alla viabilità esterna, in modo da preservare l'integrità delle superfici stradali percorse dai mezzi dell'ESECUTORE e di garantire costantemente la percorribilità delle strade anche in relazione agli aspetti concernenti la sicurezza.

p) Sarà cura dell'ESECUTORE provvedere a programmare i lavori conformemente alle fasi costruttive previste in progetto e verificare che i dati provenienti dal monitoraggio in corso d'opera siano rispondenti a quelli previsti in progetto. Nel caso in cui si verifichino degli differenze, dovrà essere tempestivamente informata la DIREZIONE DEI LAVORI. Sarà inoltre onere dell'ESECUTORE raccogliere e consegnare alla DIREZIONE DEI LAVORI i dati del monitoraggio, con cadenza almeno mensile.

5.6.1 PRESCRIZIONI ED ONERI PARTICOLARI PER LA GESTIONE DEI MATERIALI IN ESCLUSIONE DAL REGIME DEI RIFIUTI

Riutilizzo nelle stesso sito di produzione

Il suolo scavato allo stato naturale, non contaminato, ai sensi della normativa vigente potrà essere utilizzato allo stato naturale nello stesso sito di produzione, in esclusione dal regime dei rifiuti ai sensi di quanto previsto dall'art. 185 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e dell'art. 41 della L. 98/13, previa caratterizzazione analitica; le modalità di campionamento ed analisi da adottare per tali materiali sono quelle previste dal D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e dal D.M. 05/02/98 e s.m.i. Nel caso in cui si verificassero dei superamenti rispetto ai limiti di norma, la gestione di tali materiali rientrerà nel regime rifiuti descritto nel successivo paragrafo.

Sottoprodotti

Nel rispetto dei principi generali di tutela ambientale e di quanto previsto dagli elaborati specialistici di riferimento (progetto e/o documenti contrattuali) i materiali di risulta e quelli da utilizzare per l'esecuzione delle opere oggetto del presente Capitolato potranno essere gestiti in qualità di sottoprodotti ai sensi della normativa ambientale vigente (D.Lgs. 152/06 e s.m.i., D.M. 161/2012, L. 98/2013).

Qualora previsto dai documenti progettuali approvati dalle Autorità competenti nonché dai documenti contrattuali, il materiale derivante dallo scavo dovrà essere caratterizzato presso aree di deposito attrezzate al fine di valutarne la conformità all'utilizzo secondo la normativa vigente; le modalità di campionamento ed analisi da adottare per tali materiali sono quelle previste dal D.M. 161/12 e/o dal D.Lgs. 152/06 e s.m.i. I campioni dovranno essere sottoposti a determinazioni analitiche di laboratorio volte alla ricerca degli elementi ritenuti maggiormente significativi tra quelli elencati nella Tabella 1 dell'Allegato 5, Parte IV del D.Lgs. 152/06.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

I risultati analitici dovranno risultare conformi ai limiti normativi per la specifica destinazione d'uso del sito di destinazione finale e pertanto saranno confrontati con i suddetti limiti di cui alla Tabella 1 dell'Allegato 5, Parte IV dello stesso D.Lgs. 152/06.

Nel caso in cui si verificassero dei superamenti rispetto ai limiti di norma, la gestione di tali materiali rientrerà nel regime rifiuti descritto nel successivo paragrafo.

5.6.2 PRESCRIZIONI ED ONERI PARTICOLARI PER LA GESTIONE DEI MATERIALI IN REGIME DEI RIFIUTI

Si riportano di seguito le prescrizioni da osservare nel caso in cui sia prevista la gestione di rifiuti provenienti dai movimenti terra oggetto del presente Capitolato.

Classificazione e caratterizzazione analitica dei rifiuti

L'ESECUTORE, in fase di realizzazione dell'opera, è il produttore e il detentore dei rifiuti e come tale spetta a lui la corretta attribuzione dei codici CER, dopo avere eseguito le opportune indagini di caratterizzazione previste dalla normativa vigente.

Esse saranno preventivamente proposte all'ufficio della Direzione Lavori che avrà facoltà di richiedere eventuali analisi ambientali integrative senza che questo comporti alcun onere aggiuntivo.

La classificazione dei rifiuti deve pertanto essere effettuata sul campione tal quale ed è finalizzata all'attribuzione del corretto codice CER ai sensi dell'articolo 184 del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.

Le modalità e i criteri di esecuzione del campionamento di rifiuto ai fini della caratterizzazione chimico-fisica dovranno essere tali da ottenere un campione rappresentativo secondo gli standard di cui alla norma UNI 10802 "Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi – Campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati" e alle norme UNI EN 14899 e UNI EN 15002.

Il referto contenente la corretta classificazione dovrà essere firmato e timbrato da un chimico iscritto all'Albo professionale, comprensivo del test analitico eseguito sul campione tal quale, della individuazione del corretto CER e della indicazione della corretta tipologia di discarica. Le attività analitiche dovranno essere eseguite da laboratori che hanno adottato la norma ISO/IEC 17025 e sono in possesso della relativa certificazione.

Per individuare il corretto impianto di smaltimento o recupero cui il rifiuto potrà essere conferito, inoltre, dovrà essere eseguito il test di cessione, comprensivo di tutti i parametri previsti dal DM 27/09/10 e dal DM 05/02/98 e s.m.i. Le prove di eluizione per la verifica dei parametri previsti dalle tabelle 2, 5, 5a e 6 del DM 27/09/10 e dalla tabella Allegato 3 "Criteri per la determinazione del test di cessione" del DM 05/02/98 e s.m.i. devono essere effettuate secondo le metodiche per i rifiuti monolitici e granulari di cui alla Norma UNI 10802.

L'ESECUTORE, nel rispetto dei principi generali in materia ambientale, dovrà comunque prediligere, laddove possibile, il conferimento presso impianti di recupero piuttosto che lo smaltimento finale in discarica. Pertanto, nel caso in cui, all'esito delle analisi e verifiche svolte, si verificassero dei superamenti rispetto ai limiti di cui all'Allegato 3 del D.M. 05/02/98 e s.m.i. e/o fosse dimostrata l'impossibilità del conferimento dei rifiuti presso qualsiasi tipologia di impianto di recupero dovrà essere definito il diverso sito di destinazione finale sulla base delle analisi e verifiche già svolte o, laddove fosse necessario, sulla base delle ulteriori e/o diverse analisi e verifiche richieste dalla normativa vigente.

La caratterizzazione ridotta dei rifiuti verrà effettuata quando la provenienza e la composizione dei rifiuti è nota a priori. Nel dubbio sulla composizione e natura del rifiuto, oppure qualora nel set ridotto non dovesse essere compresa una o più sostanze ritenute significative per l'attribuzione della pericolosità del materiale, si potrà aggiungere al set dei parametri per la caratterizzazione 'ridotta' ulteriori parametri da compensare con le voci di sovrapprezzo se economicamente conveniente rispetto all'effettuazione dell'analisi completa

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

(caratterizzazione 'completa'). Rimane, in qualsiasi caso, la responsabilità della corretta attribuzione del CER in capo al produttore/detentore dei rifiuti.

Operazioni preliminari al trasporto dei rifiuti

Prima del trasporto all'impianto di smaltimento/recupero l'ESECUTORE dovrà provvedere ai compiti di seguito elencati:

a) deposito temporaneo dei rifiuti effettuato nel rispetto dei limiti quantitativi e qualitativi previsti dalla normativa vigente, per categorie omogenee e nel rispetto delle relative norme tecniche;

b) carico dei rifiuti su idoneo mezzo di trasporto debitamente autorizzato ai sensi della normativa vigente, come meglio appresso specificato;

c) accurata pulizia delle aree sgomberate relativamente alle predette operazioni di carico;

d) pesatura dei rifiuti mediante pesa stradale o ferroviaria riportante i vari quantitativi (peso lordo, peso netto, tara). In particolare, i rifiuti, precedentemente raccolti e suddivisi per tipologia, prima di essere avviati a destino, dovranno essere pesati. Per le operazioni di pesatura, il cantiere dovrà essere attrezzato di una speciale bascula tarata della portata non inferiore a 20 tonnellate. La bascula sarà del tipo a registrazione automatica e dovrà essere montata attuando ogni accorgimento per la perfetta regolarizzazione del piano di appoggio. In alternativa alle prescrizioni su indicate, l'ESECUTORE potrà utilizzare quegli impianti di pesa pubblica autorizzati più prossimi al cantiere, o alle aree di lavoro o agli impianti ferroviari a cui richiederà la certificazione attestante i requisiti di legge. Tale documentazione dovrà essere esibita alla Direzione delle Prestazioni a semplice richiesta. Ogni operazione di pesatura dovrà essere preventivamente concordata (giorno, ora e luogo) e sarà effettuata formalmente in contraddittorio con la Direzione delle Prestazioni, pena il mancato riconoscimento di quelle effettuate in difformità a quanto prescritto. La massa dei carichi, suddivisa per tipologia di rifiuti, sarà espressa in chilogrammi, dalla quale se ne detrarrà la tara del veicolo e del cassone contenente i materiali ottenendo così la massa netta dei rifiuti che dovrà figurare nella documentazione prevista dalla normativa nazionale e comunitaria in accompagnamento al trasporto dei rifiuti (ad es. formulario di identificazione dei rifiuti, modello di accompagnamento al trasporto transfrontaliero, ecc.). Nel caso la pesatura non avvenga presso il cantiere, ma presso un impianto di pesa pubblica, sulle copie di detta documentazione dovrà essere riportato, prima dell'inizio del trasporto dal cantiere alla pesa, il quantitativo presunto del materiale da prelevare e dovrà essere barrata la casella di peso presunto sul medesimo, mentre il peso effettivo risultante dalla pesatura dovrà essere inserito nel campo "annotazioni" della stessa documentazione. Il peso del rifiuto sarà quello risultante dalla pesatura effettiva.

   In riferimento alle analisi ed operazioni preliminari connesse alla caratterizzazione ed alla classificazione del rifiuto si rimanda a quanto disciplinato al paragrafo precedente.

L'ESECUTORE dovrà altresì prevedere, laddove necessario, all'espletamento di attività quali:

a) l'umidificazione dei rifiuti nelle fasi di deposito e di carico per l'abbattimento delle polveri;

b) adempimento i tutti gli obblighi di legge connessi all'attribuzione della posizione di produttore del rifiuto, incluso gli oneri di iscrizione al sistema di tracciabilità dei rifiuti nazionale e comunitario;

c) tutte le attività necessarie a consentire il carico, lo scarico ed il trasporto, ivi incluse le eventuali operazioni finalizzate a ridurre il volume dei rifiuti ingombranti;

d) l'attuazione di tutti i provvedimenti atti a ridurre le emissioni di gas e polveri e ad evitare il rilascio di materiale sulle strade da parte dei mezzi di trasporto;

e) la bagnatura delle strade o delle piste di accesso alle aree oggetto dell'appalto;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

f) la conservazione della viabilità pubblica e privata preesistente per l'accesso ai siti di lavoro mediante pulizia e manutenzione;

g) la predisposizione di segnaletica stradale e di cartellonistica informativa lungo il percorso di accesso al cantiere;

h) la regolarizzazione del piano delle aree di giacenza dei rifiuti, dopo l'asportazione degli stessi, a quello di campagna esistente.

Trasporto dei rifiuti dal luogo di produzione fino all'impianto di smaltimento/recupero

Il trasporto dei rifiuti dovrà avvenire nel puntuale rispetto della normativa del codice della strada, nonché di ogni qualsiasi altra norma esistente in materia, utilizzando solo e soltanto gli automezzi autorizzati indicati dall'ESECUTORE. In particolare, l'ESECUTORE dovrà preventivamente fornire il nominativo del soggetto autorizzato al trasporto dei rifiuti e copia dell'iscrizione all'Albo gestori Ambientali.

L'ESECUTORE è in ogni caso responsabile, in quanto diretto produttore del rifiuto, del corretto conferimento del rifiuto ad un soggetto autorizzato e, in particolare, della verifica:

a) della data di scadenza dell'iscrizione,

b) che i mezzi utilizzati e i rifiuti da conferire siano compresi nell'iscrizione;

c) che il rifiuto sia effettivamente conferito presso l'impianto di smaltimento/recupero.

L'ESECUTORE dovrà preventivamente fornire il nominativo dell'impianto di recupero o smaltimento cui i rifiuti verranno conferiti e una copia dell'autorizzazione.

L'ESECUTORE è in ogni caso responsabile, in quanto diretto produttore del rifiuto, del corretto conferimento del rifiuto ad un impianto autorizzato e, in particolare, della verifica:

d) della data di scadenza della autorizzazione,

e) che i rifiuti da conferire siano compresi nell'autorizzazione;

f) di eventuali prescrizioni contenute nell'autorizzazione g) le attività connesse alla tracciabilità dei rifiuti, secondo quanto previsto dal D. Lgs. 152/2006 e dal DM 18 febbraio 2011, n. 52 e s.m.i. (per i soggetti obbligati o che abbiano volontariamente aderito al SISTRI) ovvero secondo quanto previsto dal D. Lgs. 152/2006 per i soggetti che - in quanto non obbligati - non abbiano aderito al sistema di tracciabilità dei rifiuti (SISTRI), dal reg. (CE) n. 1013/2006 e smi e da qualsiasi altra disposizione normativa applicabile in coerenza al sistema di gestione e di tracciabilità dei rifiuti adottato nel paese in cui ricade l'impianto di destinazione finale.

L'ESECUTORE dovrà adempiere direttamente, in quanto diretto produttore dei rifiuti, a tutti gli obblighi derivanti dalla normativa vigente nonché ad ogni e qualsiasi prescrizione che venisse emanata durante la vigenza del servizio affidato, sollevando conseguentemente le FERROVIE da ogni e qualsiasi responsabilità che venisse loro contestata a causa e per effetto dell'effettuando servizio. Le FERROVIE, in presenza di contestazioni, si riservano il diritto di risolvere il servizio appaltato per fatto e per colpa dell'ESECUTORE ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 1456 del codice civile salvo il diritto di porre in essere ogni azione ritenuta utile e pertinente per ottenere i risarcimenti dei danni eventualmente subiti a causa e per effetto dell'attivata risoluzione, inclusa l'esecuzione in danno.

Il pagamento delle prestazioni effettuate è subordinato all'avvenuto e constatato adempimento, da parte dell'ESECUTORE, dell'obbligo di conferimento del rifiuto, che dovrà essere comprovato attraverso la produzione della documentazione prevista dalla normativa vigente, rilasciata dall'impianto di recupero o smaltimento.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

5.7 CONTROLLI

5.7.1 PRESCRIZIONI GENERALI

L'incidenza delle prove definita nelle specifiche di Controllo deve ritenersi come livello minimo; tale incidenza dovrà essere incrementata in ragione della discontinuità granulometrica dei materiali portati a rilevato o rinterro e della variabilità nelle procedure di compattazione.

L'ESECUTORE potrà eseguire le prove di controllo in proprio o tramite un laboratorio qualificato dall'ESECUTORE e approvato dalla DIREZIONE LAVORI.

Il personale addetto dovrà essere di provata esperienza ed affidabilità; il numero dei tecnici nonché quello delle attrezzature effettivamente disponibili dovrà essere tale da poter esperire le prove in sito ed in laboratorio con tempestività, continuità e con le frequenze previste.

Le prove di laboratorio dovranno essere eseguite in una sede adeguatamente attrezzata e capiente distaccata presso il cantiere dell'ESECUTORE ed accessibile alla DIREZIONE LAVORI.

Prima di iniziare i lavori l'ESECUTORE dovrà trasmettere alla DIREZIONE LAVORI l'elenco del personale, delle attrezzature di prova nonché i certificati di calibrazione e taratura delle apparecchiature; durante i lavori l'esito delle prove dovrà essere trasmesso tempestivamente su appositi moduli.

Tutti gli oneri conseguenti all'effettuazione e certificazione delle prove di cui al presente articolo devono intendersi a totale carico dell'ESECUTORE.

Prima di iniziare i lavori in oggetto, l'ESECUTORE dovrà disporre di un Piano dei Controlli approvato dalla DL, per ogni opera da eseguire.

Le prove saranno eseguite presso il laboratorio, accettato dalla DIREZIONE LAVORI o in situ, dal personale dello stesso laboratorio; l'esito di ciascuna prova verrà riportato su un apposito certificato ed allegato al Piano dei Controlli.

Per le prove in situ, su ciascun rapporto di prova certificato dovrà essere chiaramente indicato:

- l'opera di riferimento
- le caratteristiche identificative del lotto testato
- la data di esecuzione del test
- i risultati ottenuti
- il nome e firma del controllore

Per le prove di piastra su ciascun rapporto di prova certificato dovrà essere chiaramente indicato:

- l'opera di riferimento
- la provenienza del materiale testato, con indicazione del lotto o qualsiasi altro elemento identificativo;
- il nominativo dell'operatore che ha eseguito la prova;
- data e luogo della prova;
- visto di chi ha approvato l'emissione del rapporto di prova certificato.

L'esito di tutte le prove e di tutti i controlli effettuati dovrà essere trasmesso alla DIREZIONE LAVORI.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La DIREZIONE LAVORI potrà indicare, a sua discrezione, i punti per il campionamento dei materiali e per l'esecuzione delle prove in situ.

Per quanto concerne i controlli inerenti le tematiche ambientali si rimanda a quanto riportato nei paragrafi precedenti nonché a quanto disciplinato dalla normativa di settore vigente.

5.8 CONTROLLI SUGLI SCAVI

Il modello da applicare per la gestione e la certificazione dei controlli è il Piano dei Controlli completo delle relative schede per il controllo delle attività.

5.8.1 SCAVI A MANO O A MACCHINA

Sono richiesti i seguenti controlli.

5.8.1.1 Controllo della geometria

Questo controllo sarà eseguito dall'ESECUTORE durante l'esecuzione di ogni singolo scavo o lotto di scavo (scavo di trincee e piani di posa delle opere in terra) ed in ogni caso con la frequenza necessaria affinché gli scavi siano eseguiti secondo le pendenze, le dimensioni, lo stato delle superfici e le quote di progetto.

I risultati delle verifiche finali saranno annotati con la data e la firma del verificatore sull'apposita scheda prevista dal Piano dei Controlli.

5.8.1.2 Controllo della densità secca

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta per ciascuna tipologia di opera in terra.

La prova in oggetto sarà effettuata quando all'ESECUTORE è richiesto di effettuare lavori di compattazione sul fondo dello scavo.

La prova sarà eseguita su ogni singolo scavo, se di dimensioni inferiori a 1000 m^2 o su lotti di scavo di 1000 m^2.

5.8.1.3 Controllo del modulo di deformazione

Dopo la compattazione si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli rispettivamente richiesti per ciascuna tipologia di opera in terra.

La prova in oggetto sarà effettuata quando all'ESECUTORE è richiesto di effettuare lavori di compattazione sul fondo dello scavo.

La prova sarà eseguita su ogni singolo scavo, se di dimensioni inferiori a 1000 m^2. o su lotti di scavo di 1000 m^2.

5.8.2 SCAVI CON ESPLOSIVI

Lo scavo con uso di esplosivi dovrà essere eseguito secondo quanto riportato negli elaborati grafici, dove sono indicati il posizionamento delle cariche, la quantità di carica in ogni foro e completati con una relazione esplicativa in cui sia chiaramente documentata la necessità dell'uso dell'esplosivo, la quantità previste e le modalità esecutive.

Per questo tipo di scavi sono richiesti:

- la verifica del rilascio dei permessi da parte delle autorità competenti;
- la verifica della qualifica del personale addetto al maneggio degli esplosivi.

Entrambe queste documentazioni, in copia, saranno conservate dall'ESECUTORE in prossimità dei luoghi di lavoro a disposizione della DIREZIONE LAVORI e delle Autorità preposte.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

5.9 CONTROLLI SUI RINTERRI

Il modello da applicare per la gestione e la certificazione dei controlli è il Piano dei Controlli completo delle relative schede per il controllo delle attività.

5.9.1 CONTROLLI SUI MATERIALI

Prima della posa in opera dei materiali da utilizzare dovrà essere controllato che essi appartengano alle classi ritenute idonee per il tipo di rinterro da effettuare (par.5.5.3.b). Il controllo dovrà essere effettuato con le seguenti frequenze minime:

- materiale proveniente da scavo:una prova ogni 3.000 mc;
- materiale proveniente da cava:non si effettueranno prove in campo ma il materiale dovrà provenire da cava provvista di apposita certificazione e accompagnato da relativo certificato(per ogni lotto omogeneo di materiale) emesso dalla cava, attestante la specifica ed i controlli sulla qualità del materiale. Il controllo sulla tipologia del materiale si ridurrà quindi al controllo del certificato.

5.9.2 CONTROLLO DELLA DENSITÀ SECCA

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta per ciascuna tipologia di opera in terra (par. 5.5.3.b)

Per ciascuno strato di bonifica, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 1000 m^3, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato; per ciascuno strato di riempimento di scavi, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 2000 m^3, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

5.9.3 CONTROLLO DEL MODULO DI DEFORMAZIONE

Dopo la compattazione si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli rispettivamente richiesti per ciascuna tipologia di opera in terra.

Per ciascuno strato di bonifica dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 1000 m^3 e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato; per ciascuno strato di riempimento dello scavo dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 2000 m^3 e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

5.9.4 CONTROLLO DELLO SPESSORE DEGLI STRATI

Si dovrà misurare lo spessore dello strato di materiale da compattare (materiale sciolto) e controllare che siano rispettati i valori previsti nei paragrafi precedenti.

Il controllo dovrà essere effettuato per ogni strato steso e almeno ogni 200 m.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

5.10 CONTROLLI SUI RILEVATI

Il modello da applicare per la gestione e la certificazione dei controlli è il Piano dei Controlli completo delle relative schede per il controllo delle attività.

5.10.1 RILEVATI FERROVIARI

Gli scavi del terreno al disotto del piano di campagna dovranno essere effettuati con le modalità, di cui al par.5.5.2, ed i controlli di cui al par. 5.8.

5.10.1.1 Controlli sui materiali

Piano di posa

I materiali utilizzati nel caso della bonifica del piano di posa del rilevato (par. 5.5.4.1.a/b)o di riempimento, per raggiungere la quota del piano di posa del rilevato, verranno controllati secondo quanto previsto nel par. 5.9.1.

5.10.1.2 Corpo del rilevato

Per verificare l'accettabilità dei materiali utilizzati per il primo strato del corpo del rilevato (anticapillare- par. 5.5.4.1.c) e per tutto il corpo del rilevato, i controlli verranno effettuati come di seguito indicato.

Per i materiali provenienti da cave certificate, l'accettazione è subordinata alla presentazione del dossier di qualifica della cava, completo dei certificati di qualifica del materiale stesso ed approvato dalla DIREZIONE LAVORI. In questo caso il controllo per la rispondenza dei requisiti dei materiali si ridurrà quindi al controllo del certificato.

Nel caso di impiego di materiali di natura diversa di quelli approvati in sede di qualificazione del materiale, la DIREZIONE LAVORI deciderà sul tipo e quantità di prove da effettuare.

Per materiali provenienti da scavo le prove avverranno sullo scavo di approvvigionamento, con una frequenza di n.2 campionamenti per ogni lotto e volume non maggiore di 3000 m^3 (UNI 11531-1/2014) di materiale scavato, ed in ogni caso ogni qualvolta cambi la tipologia del materiale scavato.

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato del rilevato (supercompattato) si rinvia al successivo par. 5.10.6.

5.10.1.3 Controlli sul contenuto d'acqua dei materiali

Per il corpo del rilevato, prima della compattazione, dovrà essere determinato (UNI EN 13286-2) il contenuto d'acqua del materiale da utilizzare, e confrontato con i limiti stabiliti (par.5.5.4.1.g). Nel caso ci sia la necessità di variarlo, mediante l'aggiunta di acqua o mediante evaporazione, la determinazione del contenuto d'acqua verrà ripetuta anche dopo le suddette operazioni.

La frequenza dei controlli sarà di 1 ogni 10000 m^3 e comunque almeno 1 ogni strato da compattare.

5.10.1.4 Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati

Si dovranno misurare gli spessori massimi degli strati stesi, prima della loro compattazione e controllare che non siano superiori a quelli indicati per questo tipo di opera.

Si controllerà inoltre che la pendenza trasversale della superficie superiore dello strato finito, dopo compattazione, sia quella di progetto e che le scarpate dei rilevati mantengano pendenze non superiori a quelle riportate in progetto.

I sopracitati controlli saranno effettuate per ogni strato e almeno 1 per ogni 1000 m^2.

5.10.1.5 Controlli sulla densità secca

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

richiesta rispettivamente per il piano di posa, per lo strato di anticapillare e per il corpo del rilevato.

Per il piano di posa dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 4000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per lo strato anticapillare e per il corpo del rilevato dovrà essere eseguita, sia sul bordo sia al centro del rilevato stesso, almeno 1 prova ogni 2000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Nel caso di utilizzo, preventivamente approvato, di frammenti di roccia, non verrà effettuata la prova per la determinazione della densità secca.

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato del rilevato (supercompattato) si rinvia al successivo par. 5.10.6

5.10.1.6 Controllo del modulo di deformazione

Dopo la compattazione si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli richiesti per il piano di posa, per lo strato di anticapillare e per il corpo del rilevato (par. 5.5.4.1.b; 5.5.4.1.c.; 5.5.4.1.i).

Per il piano di posa dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 2000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per lo strato anticapillare e per il corpo del rilevato dovrà essere eseguita, sia sul bordo sia al centro del rilevato stesso, almeno 1 prova ogni 2000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato del rilevato (supercompattato) si rinvia al successivo par. 5.10.6

5.10.1.7 Controllo della geometria del rilevato

Dovranno essere misurate, su tutta la lunghezza dei rilevati, l'altezza del rilevato, la larghezza delle banchine (se presenti) e la differenza di quota banchina-ciglio del rilevato o altra banchina, e verificare che siano conformi al progetto.

5.10.1.8 Controllo dell'inerbimento delle scarpate del rilevato

Dovrà essere controllato lo spessore dello strato di terreno vegetale umifero, l'eventuale realizzazione di gradoni di ancoraggio e l'uniformità dell'inerbimento.

I controlli dovranno essere effettuati su entrambe le scarpate con una frequenza di 1 ogni 2000 m².

5.10.1.9 Monitoraggi

Dovranno essere effettuate tutte le misure di controllo previste nel piano di monitoraggio in corso d'opera, con le frequenze indicate in progetto. I dati dovranno essere comunicati alla DIREZIONE DEI LAVORI mediante una relazione nella quale sono messe a confronto le previsioni di progetto, fino alla data di redazione della redazione e tutte le misure effettuate nella stessa data. Detta relazione dovrà essere redatta con la frequenza riportata in progetto e comunque non superiore a 30 giorni.

5.10.2 RILEVATI A RIDOSSO DI OPERE D'ARTE

5.10.2.1 Controllo del materiale

Il misto cementato impiegato(par. 5.5.4.2.1) sarà accompagnato da certificazioni controllato mediante prova di resistenza a compressione su provini cilindrici compattati a 7 giorni di stagionatura, secondo norme CNR. B.U. n°29.

La frequenza delle prove sarà in ragione di una prova ogni strato posto in opera.

5.10.2.2 Controllo della densità secca

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La frequenza delle prove sarà in ragione di una prova ogni strato posto in opera di misto cementato e di A1.

5.10.2.3 Controllo del modulo di deformazione

La frequenza delle prove sarà in ragione di una prova ogni strato posto in opera di misto cementato e di A1.

5.10.2.4 Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati

Si dovranno misurare gli spessori massimi degli strati stesi, prima della loro compattazione e controllare che non siano superiori a quelli indicati per questo tipo di opera.

Si controllerà inoltre che la pendenza trasversale della superficie superiore dello strato finito, dopo compattazione, sia quella di progetto e che le scarpate dei rilevati mantengano pendenze non superiori a quelle riportate in progetto.

I sopracitati controlli saranno effettuati per ogni strato e almeno 1 per ogni 1000 mq.

5.10.3 RILEVATI STRADALI

Per i rilevati stradali valgono le stesse prescrizioni previste per il controllo dei rilevati ferroviari di cui al par. 5.10.1.

5.10.4 CONTROLLI SULLE DUNE, RITOMBAMENTI E COLLINE ARTIFICIALI

Per le opere che ricadono in questa categoria valgono le stesse prescrizioni previste per il controllo dei rilevati ferroviari di cui al par. 5.10.1.

5.10.5 CONTROLLI SULLE TRINCEE

5.10.5.1 Trincee ferroviarie

Gli scavi del terreno al disotto del piano di campagna dovranno essere effettuati con le modalità ed i controlli di cui al par. 5.8.

5.10.5.1.1 Controlli sui materiali

Piano di posa

I materiali utilizzati nel caso della bonifica del piano di posa dello strato supercompattato, verranno controllati secondo quanto previsto nel par. 5.9.1.

5.10.5.1.2 Controlli sulla densità secca

Dopo la compattazione del piano di posa o di ciascuno strato di terra che costituisce la bonifica (par. 5.5.3.b) si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta per questo tipo di opera.

I controlli dovranno essere eseguiti con una frequenza di almeno 1 prova ogni 1000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per i controlli dei materiali dello strato supercompattato si rinvia al successivo par. 5.10.6.

5.10.5.1.3 Controllo del modulo di deformazione

Dopo la compattazione del piano di posa o di ciascuno strato di terra che costituisce la bonifica si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli richiesti per questo tipo di opera.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

I controlli dovranno essere eseguiti con una frequenza di almeno 1 prova ogni 1000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato(supercompattato) si rinvia al successivo par. 5.10.6.

5.10.5.1.4 Monitoraggi

Dovranno essere effettuate tutte le misure di controllo previste nel piano di monitoraggio in corso d'opera, con le frequenze indicate in progetto. I dati dovranno essere comunicati alla DIREZIONE DEI LAVORI, mediante una relazione nella quale sono messe a confronto le previsioni di progetto, fino alla data di redazione della redazione e tutte le misure effettuate nella stessa data. Detta relazione dovrà essere redatta con la frequenza riportata in progetto e comunque non superiore a 30 giorni.

5.10.5.2 Trincee stradali

Per le trincee stradali valgono le stesse prescrizioni delle trincee ferroviarie di cui al par. 5.10.5.1.

5.10.6 CONTROLLI SULLO STRATO SUPERCOMPATTATO

5.10.6.1 Controlli sui materiali

Il materiale in opera dovrà presentarsi uniformemente miscelato, privo di segregazione dei suoi costituenti.

Per verificare l'accettabilità dei materiali utilizzati, i controlli (5.5.7.1.a)della granulometria del materiale, della determinazione del C.B.R., della prova Los Angeles, del coefficiente di disuniformità e dell'equivalente in sabbia, verranno effettuati in cave certificate precedentementeselezionatedall'ESECUTORE; l'accettazione è subordinata alla presentazione del dossier di accettazione della cava, completo dei certificatidel materiale stesso ed approvato dalla DIREZIONE LAVORI. In questo caso i controlli in corso d'opera per la rispondenza dei requisiti dei materiali si ridurranno al controllo del certificato.

L'equivalente in sabbia dovrà essere determinato anche dopo il costipamento, presso il laboratorioaccettatodalla DIREZIONE LAVORI, o, in situ, dal personale dello stesso laboratorio; l'esito di ciascuna prova verrà riportato su un apposito certificato. Queste prove verranno effettuate con una frequenza minima di 1 prova ogni 1000 m³.

5.10.6.2 Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati

Si dovrà misurare lo spessore massimo dello strato e verificare che non sia inferiore a quelli di progetto, con una tolleranza di più o meno del 5%, purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

Si controllerà inoltre che la pendenza trasversale della superficie superiore dello strato finito, dopo compattazione, sia quella di progetto. La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm controllato con un regolo di m 4,50 di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

I sopracitati controlli saranno effettuati con una frequenza di almeno 1 per ogni 1000 m².

5.10.6.3 Controlli sulla densità secca

Dopo la compattazione si dovrà controllare (5.5.7.1.h)che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta.

La frequenza dei controlli dovrà essere almeno 1 prova ogni 1000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

5.10.6.4 Controllo del modulo di deformazione

Dopo la compattazione si dovrà controllare (5.5.7.1.h) che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli richiesti per il piano di posa, per lo strato di anticapillare e per il

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

corpo del rilevato.

Per il piano di posa dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 1000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI

PARTE II - SEZIONE 6

OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

6.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
6.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
6.3 DEFINIZIONI
6.4 ABBREVIAZIONI
6.5 PRESCRIZIONI GENERALI
6.6 REQUISITI DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE
6.7 CARATTERISTICHE E REQUISITI DEI MATERIALI COSTITUENTI IL CONGLOMERATO CEMENTIZIO
6.8 CARATTERISTICHE E REQUISITI DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO
6.9 REQUISITI MINIMI DELLE MISCELE IN RELAZIONE ALL'IMPIEGO
6.10 REQUISITI AGGIUNTIVI DELLE MISCELE
6.11 PRESCRIZIONI PER I SINGOLI TIPI DI CALCESTRUZZO
6.12 QUALIFICA DEL MIX DESIGN PER CONGLOMERATI CEMENTIZI
6.13 CONTROLLI DI CONFORMITA' IN CORSO D'OPERA E FREQUENZE DI PROVA
6.14 CARATTERISTICHE DELL'ACCIAIO D'ARMATURA PER C.A. E C.A.P.
6.15 NORME E REGOLE DI ESECUZIONE
6.16 ELEMENTI PRECOMPRESSI
6.17 ELEMENTI PREFABBRICATI
6.18 CALCESTRUZZI SPECIALI
6.19 TOLLERANZE COSTRUTTIVE
6.20 MALTE DI CEMENTO

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A		Emissione per applicazione	M.Tisalvi	M.Tisalvi	P.Firmi

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

INDICE

6.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE 4
6.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO 4
6.2.1 NORMATIVA NAZIONALE 4
6.2.2 NORMATIVA EUROPEA 4
6.2.3 DOCUMENTAZIONE TECNICA 7
6.2.4 NORMATIVA FERROVIARIA 8
6.3 DEFINIZIONI 8
6.4 ABBREVIAZIONI 8
6.5 PRESCRIZIONI GENERALI 8
6.6 REQUISITI DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE DEL CALCESTRUZZO 9
6.7 CARATTERISTICHE E REQUISITI DEI MATERIALI COSTITUENTI IL CONGLOMERATO CEMENTIZIO 11
6.7.1 CEMENTO 11
6.7.2 AGGIUNTE: CENERI VOLANTI E MICROSILICE 11
6.7.3 AGGREGATI 12
6.7.4 ACQUA D'IMPASTO 12
6.7.5 ADDITIVI 12
6.8 CARATTERISTICHE E REQUISITI DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO 13
6.8.1 CLASSI DI RESISTENZA 13
6.8.2 COPRIFERRO 13
6.8.3 RAPPORTO ACQUA/CEMENTO 13
6.8.4 CONSISTENZA 14
6.8.5 ACQUA ESSUDATA 14
6.8.6 CONTENUTO IN CLORURI 14
6.8.7 TEMPERATURA 14
6.9 REQUISITI MINIMI DELLE MISCELE IN RELAZIONE ALL'IMPIEGO 14
6.9.1 CALCESTRUZZI SOGGETTI A CICLI DI GELO - DISGELO 18
6.9.2 CALCESTRUZZI SOGGETTI AD ATTACCO CHIMICO 18
6.9.3 CALCESTRUZZI SOGGETTI A DILAVAMENTO E PENETRAZIONE ALL'ACQUA 18
6.9.4 CALCESTRUZZI SOGGETTI A REAZIONE ALCALI- AGGREGATI 18
6.10 REQUISITI AGGIUNTIVI DELLE MISCELE 19
6.10.1 MODULO ELASTICO 19
6.10.2 RITIRO IDRAULICO 19
6.10.3 RITIRO TERMICO 19
6.11 PRESCRIZIONI PER I SINGOLI TIPI DI CALCESTRUZZO 20
6.11.1 CALCESTRUZZO ARMATO GETTATO IN OPERA 20
6.11.2 CALCESTRUZZO ARMATO DA PREFABBRICAZIONE 22
6.12 QUALIFICA DEI MIX DESIGN PER CONGLOMERATI CEMENTIZI 23
6.12.1. STUDI PRELIMINARI DI PREQUALIFICA 23
6.12.2 QUALIFICA ALL'IMPIANTO DI BETONAGGIO 24
6.13 CONTROLLI DI CONFORMITÀ IN CORSO D'OPERA E FREQUENZE DI PROVA 25

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

6.13.1 CONTROLLI DI ACCETTAZIONE DELLA RESISTENZA A COMPRESSIONE 26
6.13.2 CONTROLLO DI ACCETTAZIONE DEI VALORI DI CONSISTENZA 27
6.13.3 CONTROLLI DI CONFORMITÀ DELLA RESISTENZA SULLE OPERE FINITE 27
6.14 CARATTERISTICHE DELL'ACCIAIO D'ARMATURA PER C.A. E C.A.P. 28
6.14.1 PRESCRIZIONI COMUNI ALLE TIPOLOGIE DI ACCIAIO 28
6.14.2 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO 29
6.14.2.1 Controlli di accettazione in cantiere. 30
6.14.3 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO PRECOMPRESSO 31
6.14.3.1 Controlli di accettazione in cantiere 31
6.15 NORME E REGOLE DI ESECUZIONE 32
6.15.1 IMPIEGO DI MAGRONE O MALTA DI LIVELLAMENTO 32
6.15.2 POSA IN OPERA DELLE CASSEFORME 32
6.15.3 POSIZIONAMENTO E REALIZZAZIONE DI GABBIE DI ARMATURA E GIUNZIONI 34
6.15.4 POSA IN OPERA DEL CALCESTRUZZO 34
6.15.4.1 Attività preliminari alla fase di getto 34
6.15.4.2 Esecuzione dei getti 35
6.15.4.3 Controllo termico del calcestruzzo 37
6.15.5 STAGIONATURA DEL CALCESTRUZZO 39
6.15.6 OPERAZIONI DI DISARMO 40
6.15.7 CARATTERISTICHE SUPERFICIALI DEI GETTI 40
6.16 ELEMENTI PRECOMPRESSI 40
6.16.1 POSIZIONAMENTO DELLE ARMATURE DI PRECOMPRESSIONE 40
6.16.2 TESATURA DEI CAVI DI PRECOMPRESSIONE 41
6.16.3 DISPOSITIVI DI ANCORAGGIO 42
6.16.4 GUAINE ED INIEZIONI DI MALTA 42
6.17 ELEMENTI PREFABBRICATI 44
6.17.1 CONTROLLI IN FASE DI PRODUZIONE DEGLI ELEMENTI 44
6.17.2 MARCATURA E STOCCAGGIO 46
6.17.3 TRASPORTO E MOVIMENTAZIONE 46
6.18 CALCESTRUZZI SPECIALI 47
6.18.1 CALCESTRUZZO PROIETTATO 47
6.18.1.1 Classificazione 47
6.18.1.2 Caratteristiche dei componenti 48
6.18.1.3 Produzione 50
6.18.1.4 Controlli sulla miscela 51
6.18.2 CALCESTRUZZO RINFORZATO CON FIBRE DI ACCIAIO 53
6.18.3 CALCESTRUZZO AUTOCOMPATTANTE 53
6.19 TOLLERANZE COSTRUTTIVE 53
6.20 MALTE DI CEMENTO 54
6.20.1 MALTE PER ANCORAGGI 54
6.20.2 MALTE PER RASATURA 55
6.20.3 MALTE PER RIPRISTINO STRUTTURALE DEL CALCESTRUZZO 55
6.20.4 MALTE PER RIPRISTINI STRUTTURALI MEDIANTE COLAGGIO 56

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

6.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Le prescrizioni contenute nella presente sezione di Capitolato si applicano al conglomerato cementizio per usi strutturali, armato e non, ordinario e precompresso, gettato in opera o prefabbricato.

Nel seguito sono definite:

- le caratteristiche d'idoneità per le miscele di calcestruzzo e i loro componenti,
- le caratteristiche d'idoneità per gli acciai d'armatura e di precompressione,
- le prescrizioni relative alla produzione e al trasporto dei materiali impiegati,
- le modalità esecutive applicabili al fine di ottenere le migliori caratteristiche prestazionali per i materiali richieste dal progetto approvato e di garantire la qualità e durabilità delle opere.

Sono altresì indicati i requisiti riguardo alle malte cementizie per iniezione delle guaine nella post-tensione delle travi e alle malte da utilizzare per i ripristini strutturali e per le rasature delle superfici.

Salvo quanto diversamente indicato nel contratto d'appalto, i controlli, i requisiti e le prescrizioni descritti nel seguito devono integralmente applicarsi a tutte le opere appaltate dalle FERROVIE per la cui realizzazione è previsto l'impiego di almeno 300 m^3 di calcestruzzo. Nel caso di particolari opere che prevedano l'impiego di quantità complessive di calcestruzzo minori di tale limite, si rimanda alle prescrizioni e ai controlli previsti dalle norme di legge vigenti.

6.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elenca di seguito la principale documentazione e normativa di riferimento.

6.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- Legge 5/11/1071 n.1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica."
- DM Infrastrutture 14/1/2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare esplicativa del 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»;
- DM 9/5/2003 n. 156 "Criteri e modalità per il rilascio dell'abilitazione degli organismi di certificazione, ispezione e prova nel settore dei prodotti da costruzione";
- Legge 26/5/1965 n.595 "Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici";
- DPR 380/2001 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia";
- Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive - del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Linee Guida sul calcestruzzo strutturale - del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Linee guida per la produzione, il trasporto ed il controllo del calcestruzzo preconfezionato - del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;

6.2.2 NORMATIVA EUROPEA

Calcestruzzo:

- UNI EN 206:2014 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- UNI EN 12350-2:2009 Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 2: Prova di abbassamento al cono;
- UNI EN 12350-5:2009 Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 5: Prova di spandimento alla tavola a scosse;
- UNI EN 12350-7:2009 Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 7: Contenuto d'aria - Metodo per pressione;
- UNI EN 12350-6:2009 Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 6: Massa volumica;
- UNI EN 12390-2:2009 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 2: Confezione e stagionatura dei provini per prove di resistenza;
- UNI EN 12390-3:2009 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 3: Resistenza alla compressione dei provini;
- UNI EN 12390-5:2009 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 5: Resistenza a flessione dei provini;
- UNI EN 12390-6:2010 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 6: Resistenza a trazione indiretta dei provini;
- UNI EN 12390-7:2009 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 7: Massa volumica del calcestruzzo indurito;
- UNI EN 12390-8:2009 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 8: Profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione;
- UNI EN 12390-13:2013 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 13: Determinazione del modulo di elasticità secante in compressione;
- UNI EN 12504-1:2009 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 1: Carote - Prelievo, esame e prova di compressione;
- UNI EN 12504-2:2012 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 2: Prove non distruttive – Determinazione dell'indice sclerometrico;
- UNI EN 12504-3:2005 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 3: Determinazione della forza di estrazione;
- UNI EN 12504-4:2005 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici;

Acciaio:

- UNI EN 10080:2005 Acciaio d'armatura per calcestruzzo - Acciaio d'armatura saldabile – Generalità;
- UNI EN ISO 15630-2:2010 Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 2: Reti saldate;
- UNI EN ISO 15630-3:2010 Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 3: Acciaio per calcestruzzo armato precompresso;
- UNI EN ISO 15630-1:2010 Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 1: Barre, rotoli e fili;

Aggregati:

- UNI EN 932-3:2004 Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata;
- UNI EN 1097-5:2008 Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 5: Determinazione del contenuto d'acqua per essiccazione in forno ventilato;
- UNI EN 1097-6:2013 Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 6: Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua;
- UNI 8520-22:2002 Aggregati per confezioni di calcestruzzi - Determinazione della potenziale reattività degli aggregati in presenza di alcali;
- UNI EN 12620:2008 Aggregati per calcestruzzo;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Aggiunte:

- UNI EN 450-1:2012 Ceneri volanti per calcestruzzo - Parte 1: Definizione, specificazioni e criteri di conformità;
- UNI EN 13263-1:2009 Fumi di silice per calcestruzzo - Parte 1: Definizioni, requisiti e criteri di conformità;

Additivi:

- UNI EN 480-4:2006 Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Metodi di prova - Parte 4: Determinazione della quantità di acqua essudata del calcestruzzo;
- UNI EN 934-2:2012 Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Parte 2: Additivi per calcestruzzo - Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura;
- UNI EN 934-4:2009 Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Parte 4: Additivi per malta per iniezione per cavi di precompressione - Definizioni, requisiti,conformità, marcatura ed etichettatura;

Acqua di impasto:

- UNI EN 1008:2003 Acqua d'impasto per il calcestruzzo - Specifiche di campionamento, di prova e di valutazione dell'idoneità dell'acqua, incluse le acque di ricupero dei processi dell'industria del calcestruzzo, come acqua d'impasto del calcestruzzo;

Cemento:

- UNI EN 196-9:2010 Metodi di prova dei cementi - Parte 9: Calore d'idratazione - Metodo semiadiabatico;
- UNI EN 197-1:2011 Cemento - Parte 1: Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni;

Calcestruzzi precompressi e prefabbricati:

- UNI EN 445:2007 Boiacca per cavi di precompressione - Metodi di prova;
- UNI EN 523:2005 Guaine in fogli di acciaio per cavi di precompressione - Terminologia, prescrizioni, controllo della qualità;
- UNI EN 13369:2013 Regole comuni per prodotti prefabbricati di calcestruzzo;

Calcestruzzo proiettato:

- UNI EN 14487-1:2006 Calcetsruzzo proiettato – Parte 1: Definizioni, specificazioni e conformità;
- UNI EN 14488-1:2005 Prove sul calcestruzzo proiettato – Parte 1: Campionamento sul calcestruzzo fresco e sul calcestruzzo indutito;
- UNI EN 14488-2:2006 Prove sul calcestruzzo proiettato – Parte 2: Resistenza alla compressione del calcestruzzo spruzzato giovane;
- UNI EN 14488-4:2005 Prove sul calcestruzzo proiettato – Parte 4: Aderenza per trazione diretta sulle carote;
- UNI EN 14488-6:2006 Prove sul calcestruzzo proiettato – Parte 6: Spessore del calcestruzzo su un supporto;

Malte di cemento:

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- *UNI EN 1504-2:2005* Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Sistemi di protezione delle superfici di calcestruzzo;
- *UNI EN 1504-3:2005* Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 3: Protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo;
- *UNI EN 1504-6:2005* Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 6: Ancoraggio dell'armatura di acciaio.

Altro:

UNI EN ISO 9001 del 2008: Sistemi di gestione per la qualificazione dei requisiti;

UNI CEI EN ISO /IEC 17021 del 2011: Valutazione della conformità –Requisiti per gli organismi che forniscono audit e certificazione di sistemi di gestione.

6.2.3 DOCUMENTAZIONE TECNICA

- UNI 6393:1988 Controllo della compositione del calcestruzzo fresco;
- UNI 7087:2002 Calcestruzzo - Determinazione della resistenza al degrado per cicli di gelo e disgelo;
- UNI 7123:1972 Calcestruzzo. Determinazione dei tempi di inizio e fine presa mediante la misura della resistenza alla penetrazione;
- UNI 8147:2008 Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi - Determinazione dell'espansione contrastata della malta;
- UNI 8520-1:2005 Aggregati per confezione di calcestruzzi-Definizione, classificazione e caratteristiche;
- UNI 8520-2:2005 Aggregati per calcestruzzo - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 12620. Requisiti;
- UNI 8520-22:2002 Aggregati per confezioni di calcestruzzi - Determinazione della potenziale reattività degli aggregati in presenza di alcali;
- UNI 8866-1:2009 Prodotti disarmanti - Definizioni e classificazione;
- UNI 8866-2:1986 Prodotti disarmanti – Prova dell'effetto disarmante alle temperature di 20 e 80 gradi C. su superfici di acciaio e legno trattato;
- UNI 9156:1997 Classifica e definisce i requisiti dei cementi resistenti all'azione aggressiva (espansiva) dei solfati contenuti nelle acque e nei terreni;
- UNI 9606:1997 Cementi resistenti al dilavamento della calce. Classificazione e composizione;
- UNI 9944:1992 Corrosione e protezione dell'armatura del calcestruzzo. Determinazione della profondità di carbonatazione e del profilo di penetrazione degli ioni cloruro nel calcestruzzo;
- UNI 10622:1997 Barre e vergella (rotoli) di acciaio d armatura per cemento armato, zincati a caldo;
- UNI 10765:1999 Additivi per impasti cementizi – Additivi multifunzionali per calcestruzzo – Definizioni, requisiti e criteri di conformità;
- UNI 10834:1999 Calcestruzzo proiettato;
- UNI 11039-1:2003 Calcestruzzo rinforzato con fibre di acciaio - Definizioni, classificazione e designazione;
- UNI 11040:2003 Calcestruzzo auto compattante - Specifiche, caratteristiche e controlli;
- UNI 11104:2004 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1;
- UNI 11307:2008 Prove sul calcestruzzo indurito – Determinazione del ritiro;
- UNI 11417-2:2014 Durabilità delle opere di calcestruzzo e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo. Istruzioni per prevenire la reazione alcali aggregato;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- UNI 11417-1:2012 Durabilità delle opere di calcestruzzo e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo. Istruzioni per ottenere la resistenza alle azioni aggressive;

6.2.4 NORMATIVA FERROVIARIA

- Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sottobinario. RFI DTC INC PO SP IFS 001A del 21/12/11;
- Specifica per la progettazione e per l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo. RFI DTC INC PO SP IFS 004A del 21/12/11;
- Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione, e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti negli impalcati ferroviari e nei cavalcavia. RFI DTC INC PO SP IFS 005A del 21/12/11;
- Specifica per la progettazione geotecnica delle opere ferroviarie. RFI DTC INC CS SP IFS 001A del 21/12/11;
- Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria RFI DTC INC PO SP IFS 002A del 21/12/11;
- Istruzione 44 m Specifica tecnica relativa al collaudo dei materiali ed alla costruzione delle travate metalliche e miste acciaio – calcestruzzo per ponti ferroviari e cavalcaferrovia. Anno 2000.
- Linee Guida per il collaudo statico delle opere di ingegneria civile dell'infrastruttura ferroviaria. RFI DTC- SICS-PO LG IFS 001 A del 27/12/2013;
- COP n. 316/RFI del 29 lug. 2014 - Procedura Operativa " La Direzione dei Lavori negli appalti gestiti da RFI" - RFI DPR PD IFS 005 D;
- Manuale di progettazione di Ingegneria Civile di RFI.

6.3 DEFINIZIONI

Di seguito sono indicate le seguenti definizioni:

- ESECUTORE: soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore/Costruttore/General Contractor/Contraente Generale);
- FERROVIE: RFI S.p.A o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (Direzione Lavori /Alta Sorveglianza).

Si rappresenta che essendo l'ESECUTORE responsabile della qualità del calcestruzzo impiegato, e quindi del rispetto delle prescrizioni di legge e di quelle contenute nella presente sezione del capitolato, nel testo ci si riferisce a detta figura anche nel caso si prescrivano attività o controlli che esegue lo stabilimento di produzione.

6.4 ABBREVIAZIONI

Di seguito sono indicati i simboli utilizzati all'interno della presente sezione di capitolato.

- c.a.:cemento armato;
- c.a.p.: cemento armato precompresso;
- C: classe di resistenza;
- S.T.C.: Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

6.5 PRESCRIZIONI GENERALI

Al fine di verificare la rispondenza delle opere eseguite alle specifiche e agli standard prefissati, l'ESECUTORE deve eseguire o far eseguire a proprie spese tutte le prove e i controlli di legge, quelli previsti

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

dalle presenti prescrizioni, nonché quelli integrativi richiesti dalle FERROVIE in base a motivate esigenze tecniche, ovvero dal Collaudatore statico e/o dalla Commissione di Collaudo. I controlli di accettazione ed eventualmente, a discrezione delle FERROVIE, le prove complementari di cui al DM 14/1/2008, devono essere effettuate presso un Laboratorio Ufficiale/Autorizzato di cui all'art. 59 del DPR n.380/2001. I relativi certificati devono essere registrati dall'ESECUTORE su apposita documentazione di controllo specifica per l'esecuzione di ciascuna opera.

Per tutti i tipi di prova l'ESECUTORE deve fornire la manodopera, le attrezzature, predisporre le eventuali opere provvisionali ed i ponteggi in quantità e tipologie adeguate all'esecuzione delle prove medesime, nel rispetto delle garanzie di sicurezza durante le fasi operative. Resta inteso che il ripristino integrale delle parti d'opera interessate da prove e prelievi è da intendersi a carico dell'ESECUTORE e deve essere eseguito con materiali e modalità approvati dalle FERROVIE.

Tutti gli oneri diretti e indiretti derivanti dall'applicazione delle presenti prescrizioni, compresi quelli necessari per il prelievo, confezionamento, trasporto dei campioni di materiali da sottoporre a prove fisiche–chimiche-meccaniche, nonché i costi di esecuzione di queste ultime presso i Laboratori Ufficiali/Autorizzati, si intendono compresi e compensati dai prezzi contrattuali.

Nel caso d'esecuzione di opere che, per effetto di operazioni successive, risultassero inaccessibili o comunque non più ispezionabili, prima di procedere con le operazioni successive, l'ESECUTORE deve darne informazione alle FERROVIE nei tempi previsti contrattualmente per l'effettuazione del controllo. Nel caso in cui l'ESECUTORE non ottemperi a quanto sopra, per eseguire le constatazioni previste contrattualmente e dalla normativa, le FERROVIE potranno richiedere, a cura e spese dell'ESECUTORE, la messa a nudo delle parti non più visibili o che siano rese comunque accessibili le porzioni d'opera preventivamente non ispezionate.

Nel caso in cui la progettazione sia in carico all'ESECUTORE, lo stesso è tenuto a presentare alle FERROVIE, in tre copie, i calcoli di stabilità e i disegni esecutivi, completi in ogni dettaglio, di tutte le strutture in cemento armato normale e precompresso. Il progetto dovrà contenere le indicazioni relative alla classe di resistenza, classe di consistenza, diametro massimo degli inerti e classi di esposizione dei calcestruzzi da impiegare per le diverse parti d'opera, nel rispetto delle prescrizioni nel seguito riportate. Le FERROVIE esamineranno i calcoli ed i disegni presentati e ne restituiranno un esemplare all'ESECUTORE medesimo per l'esecuzione dei lavori con le eventuali osservazioni e con la richiesta delle modifiche, se ritenute necessarie. Queste saranno introdotte nei progetti a cura e spese dell'ESECUTORE senza che questi possa, per conseguenti eventuali intralci o ritardi sullo sviluppo dei lavori, avanzare pretese d'indennizzi o rimborsi. Senza l'approvazione da parte delle FERROVIE non potrà essere dato inizio ai lavori di costruzione.

L'approvazione da parte delle FERROVIE dei calcoli e dei disegni presentati dall'ESECUTORE e l'introduzione in essi di qualsiasi modifica non esclude né attenua la responsabilità che deriva all'ESECUTORE dalle vigenti leggi.

6.6 REQUISITI DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE DEL CALCESTRUZZO

Il calcestruzzo dovrà essere prodotto con processo industrializzato, tenendo conto che, ai sensi del citato DM 14/1/2008, per "calcestruzzo confezionato con processo industrializzato" s'intende quello prodotto mediante impianti, strutture e tecniche organizzative sia in cantiere che in uno stabilimento esterno al cantiere stesso. Gli impianti per la produzione con processo industrializzato del calcestruzzo devono essere idonei a una produzione costante, disporre di apparecchiature adeguate per il confezionamento, nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e mantenere la qualità del prodotto. Gli impianti devono dotarsi di un sistema permanente di controllo interno della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto risponda ai requisiti di legge e che tale rispondenza sia mantenuta fino all'impiego.

Il sistema di controllo della produzione del calcestruzzo confezionato con processo industrializzato (FPC),

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001, deve fare riferimento alle specifiche indicazioni contenute nelle "Linee guida sul calcestruzzo preconfezionato" elaborato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Detto sistema deve essere certificato da organismi terzi indipendenti che operano in coerenza con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021, autorizzati dal suddetto Servizio Tecnico Centrale sulla base dei criteri di cui al DM 9/5/2003 n.156. Ogni fornitura di calcestruzzo confezionato con processo industrializzato deve indicare gli estremi di tale certificazione.

Il Direttore dei lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture provenienti da impianti non conformi.

Il sistema automatico di gestione e controllo dell'impianto deve permettere la stampa delle informazioni relative ad ogni carico; la relativa bolla di accompagnamento deve contenere le seguenti informazioni:

- nome dell'impianto di betonaggio;
- n° identificativo del mix prodotto;
- classe di resistenza caratteristica;
- classe di esposizione ambientale;
- classe di consistenza;
- metri cubi caricati/trasportati;
- riferimenti delle FERROVIE e dell'ESECUTORE richiedente la fornitura;
- cantiere di destinazione;
- opera e parte d'opera cui si riferisce la fornitura;
- data e ora di fine carico del mix prodotto, di arrivo in cantiere, d'inizio scarico e di fine scarico;
- identificazione (targa) del mezzo di trasporto;
- materiali componenti il mix con indicati:
  - per gli aggregati: la pezzatura nominale e la cava di provenienza;
  - per i cementi: tipo, classe, produttore e cementificio;
  - per le aggiunte (ceneri volanti e microsilice): tipo e provenienza;
  - per gli additivi: marca e tipo;
  - per l'acqua: se proveniente da acquedotto, pozzo, cisterna.
- ricetta, per un mc, del mix in fase di produzione;
- ricetta del mix per gli *n* mc in fase di produzione;
- umidità totale delle singole classi di aggregati (rilevata automaticamente con le sonde almeno per gli aggregati fini);
- assorbimento delle singole classi granulometriche, misurato e dichiarato in fase di qualifica del materiale;
- ricetta per gli *n* m^3 in produzione, corretta in funzione dell'umidità delle varie classi degli aggregati;
- effettivo carico (dosaggio) per ogni singolo componente;
- differenza (+/-) tra quanto effettivamente caricato e il teorico corretto;
- errore percentuale di carico (dosaggio) per ogni singolo componente;
- rapporto acqua/cemento di progetto del mix (considerando gli aggregati saturi con superficie asciutta) e quello effettivamente ottenuto dopo il carico (dosaggio);

Si deve inoltre avere evidenza di ogni qual volta che:

- l'errore di dosaggio supera la tolleranza ammessa (+/-3% per cemento, acqua, aggregato totale e singola classe di aggregato, aggiunte impiegate in quantità maggiore del 5% in massa rispetto al cemento; +/- 5% addidivi e aggiunte impiegate impiegati in quantità ≤ 5% in massa rispetto al cemento), in accordo alla norma UNI EN 206;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- si passa dal funzionamento automatico a quello manuale dell'impianto;
- vengono modificati in manuale i valori di lettura delle sonde.

Al fine di garantire un migliore controllo del rapporto acqua/cemento e una corretta miscelazione dell'impasto, si raccomanda l'impiego di impianti di betonaggio provvisti di miscelatore, con possibilità di correzione automatica del rapporto acqua-cemento e controllo della consistenza. Nel caso di confezionamento di calcestruzzi con $R_{ck} \geq 50$ MPa l'impianto deve prevedere la premiscelazione della boiacca di cemento.

La miscelazione può avvenire o in miscelatori separati o direttamente in autobetoniera, assicurando le condizioni di omogeneità del calcestruzzo.

6.7 CARATTERISTICHE E REQUISITI DEI MATERIALI COSTITUENTI IL CONGLOMERATO CEMENTIZIO

6.7.1 CEMENTO

Per i manufatti strutturali devono essere impiegati unicamente i cementi richiamati nella L. 26/5/1965 n. 595 provvisti di certificato di conformità CE che soddisfino i requisiti previsti dalla norma UNI EN 197/1 e provenienti da impianti di produzione in grado di garantire la continuità e la costanza della qualità della fornitura del tipo di cemento richiesto.

E' escluso l'impiego del cemento alluminoso e dei cementi per sbarramenti di ritenuta.

Il cemento deve essere scelto, tra quelli considerati idonei, tenendo in considerazione i seguenti aspetti:

- le modalità esecutive dell'opera;
- le condizioni di maturazione;
- le dimensioni della struttura (sviluppo di calore);
- le condizioni ambientali di esposizione della struttura;
- la potenziale reattività degli aggregati agli alcali presenti nel cemento.

Per i cementi da impiegare deve essere disponibile l'analisi chimica completa, compresa la determinazione del contenuto di K_2O e Na_2O (alcali di potassio e di sodio) potenzialmente pericolosi nei riguardi della reazione alcali-aggregati.

La classificazione dei cementi in funzione della loro resistenza ai solfati ed alle acque dilavanti è riportata al prospetto 1 delle norme rispettivamente UNI 9156 e 9606.

La temperatura del cemento all'atto del confezionamento del calcestruzzo non può superare il valore di 55°C.

6.7.2 AGGIUNTE: CENERI VOLANTI E MICROSILICE

Allo scopo di migliorare la durabilità e la lavorabilità del calcestruzzo, possono essere impiegate nella composizione della miscela, aggiunte di tipo II (pozzolaniche o ad attività idraulica latente) ai sensi delle norme UNI EN 206 e UNI 11104. I prodotti utilizzabili sono i fumi di silice e le ceneri volanti; entrambi devono essere provvisti di marcatura CE.

In caso di loro utilizzo, comunque da concordarsi con le FERROVIE in sede di qualifica della miscela, devono essere soddisfatte tutte le caratteristiche fisico-chimico-meccaniche dei conglomerati cementizi allo stato fresco ed indurito prescritte nei successivi punti.

Particolare attenzione deve essere prestata al corretto dosaggio di acqua nella miscela e al controllo del rapporto a/c poiché tali aggiunte alterano la richiesta d'acqua d'impasto.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Le caratteristiche delle ceneri volanti devono soddisfare i requisiti della norma UNI EN 450-1 mentre le caratteristiche dei fumi di silice devono soddisfare i requisiti della norma UNI EN 13263-1.

6.7.3 AGGREGATI

Possono utilizzarsi solamente aggregati provvisti di marcatura CE (sistema di attestazione della conformità 2+) ai sensi dei D.P.R. 21 aprile 1993 n. 246 e successivi decreti attuativi; il certificato di attestazione deve accompagnare la fornitura e copia dello stesso dovrà essere custodita dall'ESECUTORE e dalle FERROVIE. Gli aggregati devono essere conformi ai requisiti della UNI EN 12620 e della UNI 8520/1 (prospetti 1 e 2 rispettivamente).

E' richiesta una granulometria composta di almeno tre classi granulometriche diverse in definite percentuali così da formare miscele rispondenti ai criteri di curve granulometriche teoriche o sperimentali di riferimento e tali che l'impasto fresco e indurito abbia i migliori requisiti di resistenza, consistenza, omogeneità, aria inglobata, permeabilità, ritiro e acqua essudata.

Il diametro massimo dell'aggregato costituente la miscela, se non previsto dal progetto approvato, deve essere scelto dall'ESECUTORE in funzione delle:

- caratteristiche geometriche della sezione minima dell'opera,
- degli elementi strutturali da realizzare,
- dei valori di copriferro e interferro,
- delle modalità di posa in opera e del tipo di mezzi d'opera utilizzati.

E' fatto obbligo di procedere in fase di qualifica delle miscele alla valutazione della potenziale reattività degli aggregati secondo quanto di seguito indicato al par. 6.8.8.

Gli aggregati impiegati per il confezionamento del calcestruzzo, provenienti da vagliatura e trattamento di giacimenti di materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava, devono avere caratteristiche conformi a quelle previste nella norma UNI 8520/2 e devono soddisfare i requisiti di classificazione granulometrica e produzione specificati nella norma UNI EN 12620 (prospetto 2).

Se gli aggregati derivano da frantumazione di materiale proveniente da scavi in sotterraneo (anche parzialmente), devono essere eseguite in aggiunta le seguenti prove:

- giornalmente: la determinazione del contenuto di solfati e cloruri;
- settimanalmente: un'analisi petrografica mirata a rilevare elementi potenzialmente reattivi agli alcali, secondo quanto indicato al successivo par. 6.8.8 della presente sezione di Capitolato.

E' escluso l'utilizzo di aggregati provenienti da demolizioni o da frantumazione di calcestruzzo per il confezionamento di calcestruzzi strutturali.

6.7.4 ACQUA D'IMPASTO

L'acqua d'impasto deve soddisfare i requisiti e le caratteristiche indicate prescritte dalla norma UNI EN 1008.

L'acqua di riciclo proveniente dalla produzione del calcestruzzo può essere utilizzata rispettando le condizioni specificate per il suo impiego nella stessa norma UNI EN 1008. In questo caso la frequenza dei controlli da parte del produttore del calcestruzzo è settimanale.

6.7.5 ADDITIVI

L'ESECUTORE deve preventivamente sperimentare e dichiarare l'impiego di additivi nel mix design della miscela di conglomerato cementizio.

Tutti gli additivi impiegati devono essere conformi alle norme UNI EN 934 (parti 2 e 4) e UNI 10765.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Salvo diverse indicazioni di progetto, l'ESECUTORE deve tenere presente le seguenti indicazioni:

- la quantità totale di additivo non deve superare il dosaggio massimo raccomandato dal produttore e non deve superare i 50 g per kg di cemento, a meno di verificare l'influenza di un dosaggio più alto sulle prestazioni e sulla durabilità del calcestruzzo in fase di prequalifica. Nel caso di quantità minori di 2 g per kg di cemento l'utilizzo di additivo è consentito solo se disperso in parte dell'acqua d'impasto;
- qualora la quantità totale di additivi liquidi superi i 3 litri/m^3 di calcestruzzo, il suo contenuto deve essere considerato nel calcolo del rapporto a/c.

Additivi fluidificanti e superfluidificanti

Il dosaggio di tali additivi deve essere conforme a quello dichiarato nelle schede tecniche del produttore. Nel caso in cui una miscela, per garantire le prestazioni richieste, necessiti di un dosaggio superiore al limite indicato, si deve passare all'impiego di un additivo con prestazioni superiori, per evitare problemi di segregazione e di tempo di presa del calcestruzzo.

Additivi aeranti

Si utilizzano per la realizzazione di conglomerati cementizi di opere sottoposte a cicli di gelo e disgelo al fine di garantire il contenuto minimo di aria occlusa, come indicato nel par.6.9.1.

Additivi ritardanti

Specifici additivi ritardanti possono essere eccezionalmente utilizzati, previa idonea qualifica e preventiva approvazione da parte delle FERROVIE, per:

- particolari opere (ad esempio pali, paratie, diaframmi) che richiedono getti continui e prolungati, al fine di garantire la loro corretta monoliticità;
- getti in particolari condizioni climatiche e in presenza di temperature elevate;
- opere singolari ubicate in zone lontane dall'impianto di betonaggio o per le quali si preveda un tempo di percorrenza della betoniera elevato.

6.8 CARATTERISTICHE E REQUISITI DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO

6.8.1 CLASSI DI RESISTENZA

La classe di resistenza a compressione C(fck/Rck) è rappresentata da un valore di fck e da un valore di Rck indicanti rispettivamente la resistenza caratteristica cilindrica e la resistenza caratteristica cubica (entrambi espressi in MPa) a 28 giorni di maturazione.

Le classi sono definite dalle norme UNI EN 206 (tabella 12) e UNI 11104 (prospetto 2). Il valore della resistenza caratteristica cilindrica si assume pari a 0.83 x Rck per provini normalizzati e cioè cilindri di diametro 150 mm e altezza 300 mm e cubi di lato 150 mm.

6.8.2 COPRIFERRO

Per il valore del copriferro da adottare, se non previsto dal progetto approvato, l'ESECUTORE deve adottare per realizzazioni in cemento armato normale e precompresso le indicazioni riportate nella "Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario" RFI DTC INC PO SP IFS 001 A, e nelle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" D.M. 14/1/2008 per quanto non già prescritto dalla suddetta specifica. In ogni caso, però, deve essere verificato che i valori prescritti siano adeguati alla classe di esposizione ambientale.

6.8.3 RAPPORTO ACQUA/CEMENTO

La quantità d'acqua totale da impiegare per il confezionamento dell'impasto deve essere calcolata tenendo

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

conto dell'acqua libera contenuta negli aggregati per la cui determinazione si deve fare riferimento alla norma UNI EN 1097-5. Per l'eventuale controllo in corso d'opera del rapporto acqua-cemento della miscela è possibile utilizzare la norma UNI 6393:1998 "Controllo della composizione del calcestruzzo fresco" tenendo conto che ai sensi della UNI EN 206 non è ammesso uno scostamento maggiore di 0.02 rispetto al valore dichiarato.

6.8.4 CONSISTENZA

Se non diversamente indicato in progetto, il metodo di misura della consistenza cui l'ESECUTORE deve fare riferimento è il metodo di abbassamento del cono (UNI EN 12350-2).

Si riportano nel seguito i risultati prescritti dalla prova di abbassamento al cono per le diverse classi di consistenza, rispetto ai quali è ammessa una tolleranza di $\pm$10mm per S1, $\pm$20mm per S2 e $\pm$30mm per le altre clsssi:

- S1 da 1 a 4 cm - S2 da 5 a 9 cm
- S3 da 10 a 15 cm - S4 da 16 a 21 cm
- S5 da 22 a 25 cm

E' considerato quale limite superiore della classe S5 un abbassamento al cono di 250 mm.

6.8.5 ACQUA ESSUDATA

La quantità di acqua essudata dalla miscela di calcestruzzo, misurata secondo la Norma UNI EN 480/4, non deve risultare maggiore dello 0.1% del volume iniziale della miscela.

6.8.6 CONTENUTO IN CLORURI

Il massimo contenuto in cloruri di un calcestruzzo, espresso come percentuale di ioni cloruro rispetto alla massa del cemento, è definito dalla norma UNI EN 206 (tabella 15) in funzione del campo d'impiego, nonché della quantità e della tipologia di armatura prevista per l'opera, come di seguito riportato.

- per calcestruzzo non armato: $\leq$ 1.0 %
- per calcestruzzo armato: $\leq$ 0.4 %
- per calcestruzzo precompresso: $\leq$ 0.2%

In sede di qualifica della miscela l'ESECUTORE deve procedere alla verifica del contenuto massimo di cloruri.

6.8.7 TEMPERATURA

In accordo alla norma UNI EN 206 p. 5.2.9 e se non diversamente previsto nel seguito della presente sezione di Capitolato, la temperatura del calcestruzzo fresco al momento della consegna in cantiere non deve essere minore di 5 °C o maggiore di 35 °C.

Qualunque procedura di raffreddamento o di riscaldamento artificiale del calcestruzzo prima della consegna deve essere concordata e approvata dalle FERROVIE.

6.9 REQUISITI MINIMI DELLE MISCELE IN RELAZIONE ALL'IMPIEGO

Ai fini di una corretta scelta del tipo e della classe di resistenza di calcestruzzo è fondamentale stabilire l'ambiente nel quale ciascun elemento strutturale deve essere inserito.

Per "ambiente", in questo contesto, si intende l'insieme di tutte le azioni chimiche e fisiche alle quali si presume che il calcestruzzo possa essere esposto durante il periodo di vita utile previsto delle opere e che

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

causano effetti che non possono essere classificati come azioni dirette (carichi) o indirette (deformazioni impresse, cedimenti, variazioni termiche) nella progettazione strutturale.

Ciascuna miscela di calcestruzzo (*mix-design*) deve essere definita con riferimento alle proprietà richieste (calcestruzzo "a prestazione garantita", secondo le norme UNI EN 206 e UNI 11104) e sottoposta ad approvazione da parte delle FERROVIE.

Le classi di esposizione riferite alle azioni dell'ambiente sono indicate nelle norme UNI EN 206 – tabella 1 e UNI 11104 – p. 3.1; nella tabella 6.9.1 seguente sono associati ad ogni tipo di calcestruzzo i campi di impiego e le relative classi di esposizione ai quali l'ESECUTORE deve fare riferimento al fine di giungere alla determinazione della più opportuna miscela da utilizzare, salvo diverse e più severe indicazioni riportate nel progetto approvato.

Tabella 6.9.1 – Requisiti minimi delle miscele

I		II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Tipo di calcestruzzo		**Campi di impiego**	**Classe di esposizione ambientale (UNI EN 206)[1]**	**Rapporto a/c max**	**Classe di resistenza minima [C(fck/Rck)$_{min}$]**	**Classe di consistenza**	**Tipo di cemento**	**Classe di resistenza di calcolo (MPa)**
A	**1***	Impalcati ed Elementi in c.a.p. prefabbricati	[XC3]	0.45	C35/45	S4-S5	CEM I,II,III,IV,V	Rck
	2	Impalcati ed Elementi in c.a.p. gettati in opera	[XC3]	0.45	C35/45	S5	CEM I,II,III,IV,V	Rck
B*	**1**	Elementi prefabbricati in c.a. per strutture fuori terra	[XC3]	0.45	C35/45	S4	CEM I,II,III,IV,V	Rck
	2	Conci prefabbricati in c.a. per rivestimento di gallerie	[XA2]	0.45	C35/45	S2-S3-S4	CEM III,IV,V	Rck
	3	Canalette portacavi prefabbricate Cunette prefabbricate Elementi prefabbricati senza funzioni strutturali	XC1	0.55	C25/30	S3,S4	CEM III,IV,V	Rck
C**	**1**	Impalcati in c.a. ordinari Solette in c.a. in elevazione	XC3	0.55	C30/37	S4,S5	CEM I,II,III,IV,V	Rck
	2	Pile e spalle Baggioli e pulvini Strutture in c.a. in elevazione	XC3	0.55	C30/37	S3,S4	CEM I,II,III,IV,V	Rck
D**		Lastre in cls per pavimentazioni esterne Manufatti estrusi	XC3	0.55	C30/37	S1	CEM III,IV,V	Rck
E**		Tombini a struttura scatolare e circolare	XA1	0.55	C30/37	S3, S4	CEM III,IV,V	Rck
F**	**1**	Arco rovescio di gallerie (getti orizzontali)	XA1	0.55	C30/37	S3, S4	CEM III, IV, V	30

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

I		II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Tipo di calcestruzzo		Campi di impiego	Classe di esposizione ambientale (UNI EN 206)[1]	Rapporto a/c max	Classe di resistenza minima [C(fck/Rck)$_{min}$]	Classe di consistenza	Tipo di cemento	Classe di resistenza di calcolo (MPa)
	2	Arco rovescio di gallerie (getti tradizionali a superficie inclinata)	XA1	0.55	C30/37	S3	CEM III,IV,V	30
	3.1	Piedritti e calotta di gallerie – sezioni impermeabilizzate non armate	[X0]	0.60	C25/30	S3-S4	CEM III,IV,V	30
	3.2	Piedritti e calotta di gallerie – sezioni impermeabilizzate armate	XC2	0.60	C25/30	S4	CEM III,IV,V	30
	3.3	Piedritti e calotta di gallerie – sezioni non impermeabilizzate	XA1	0.55	C30/37	S4	CEM III,IV,V	30
G**	**1**	Muri di controripa/sottoscarpa in c.a. (armatura $\geq$ 30 Kg/mc)	XC3	0.55	C30/37	S3, S4	CEM III,IV,V	Rck
	2	Muri di controripa/sottoscarpa debolmente armati (armatura < 30 kg/mc) o non armati Solettoni di fondazione Fondazioni armate Rivestimenti di tubazioni	XC2	0.60	C25/30	S3, S4	CEM III,IV,V	30
	3	Fondazioni non armate (pozzi, sottoplinti, prismi per difese spondali, ecc....)	XC2	0.60	C25/30	S3,S4	CEM III,IV,V	30
	4	Cunette, canalette e cordoli	XC1	0.60	C25/30	S3,S4	CEM III,IV,V	Rck
H**	1	Pali (di paratie o opere di sostegno), diaframmi e relativi cordoli di collegamento gettati in opera	XC2	0.60	C25/30	S4, S5	CEM III,IV,V	30
	2	Pali di fondazione gettati in opera	XC2	0.60	C25/30	S4, S5	CEM III,IV,V	30
	3	Pali di fondazione prefabbricati	[XA1]	0.50	C32/40	S4, S5	CEM III,IV,V	Rck
I		Magrone di riempimento o livellamento	X0	-	C12/15	-	CEM I,II,III,IV,V	Rck

* vedi punto 6.11.2 "Caratteristiche aggiuntive per calcestruzzi da prefabbricazione";

** vedi punto 6.11.1 "Caratteristiche aggiuntive per calcestruzzi gettati in opera";

1 di norma, la classe di esposizione ambientale indicata individua le caratteristiche della miscela; nei casi in cui la classe di

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

esposizione ambientale è scritta tra parentesi quadre (es. per i calcestruzzi di tipologia A1 e A2 si ha [XC3]), la classe di resistenza minima è stata determinata in considerazione di fattori diversi e, comunque, più vincolanti.

Legenda tabella 6.9.1

Colonna I - Tipo di calcestruzzo: le miscele di calcestruzzo sono suddivise in nove tipologie (da A a I) in funzione dell'impiego a cui sono destinate, come specificato nella successiva Colonna II.

Colonna II – Campi di impiego: per ogni tipo di calcestruzzo indicato in Colonna I vi è una ulteriore suddivisione che tiene conto della parte d'opera e/o della particolare tipologia costruttiva da adottare. Gli esempi indicati nella tabella non sono esaustivi per l'ESECUTORE.

Colonna III - Classe di esposizione ambientale: è indicata la classe minima da adottare in funzione del campo d'impiego; l'ESECUTORE, di concerto con le FERROVIE, è tenuto a verificare, con riferimento al prospetto 4 della norma UNI 11104 che la classe di esposizione ambientale effettiva non sia più severa di quella prevista nella tabella.

Colonna IV - Massimo rapporto acqua/cemento [a/c max]: il valore del rapporto a/c indicato corrisponde ad una classe di resistenza minima di progetto che soddisfa sia i requisiti di durabilità della classe di esposizione ambientale associata a ciascun campo di impiego, sia i requisiti di calcolo strutturale, che possono richiedere resistenze inferiori.

Colonna V - Classe di resistenza minima [C(fck/Rck)$_{min}$]: una classe è rappresentata da un valore di fck_{min} e da un valore di Rck_{min} (entrambi espressi in MPa) per ciascun tipo di opera, in relazione alla classe minima di esposizione.

Colonna VI - Classe di consistenza: vengono definite le classi di consistenza (da S1 a S5) secondo il metodo di misura dell'abbassamento al cono (norma UNI EN 12350-2).

Colonna VII - Tipo di cemento: sono indicati i tipi di cemento che possono essere impiegati per ciascun campo d'impiego o parte d'opera; si distinguono in cinque tipi principali secondo la norma UNI EN 197-1:

CEM I: Cemento Portland;

CEM II: Cemento Portland composito;

CEM III: Cemento d'altoforno;

CEM IV: Cemento pozzolanico;

CEM V: Cemento composito.

Colonna VIII - Resistenza di calcolo: con Rck si indica il valore della resistenza caratteristica a 28 gg di progetto come il maggiore tra i valori richiesti dal calcolo strutturale o derivanti dalla classe di esposizione. Nella tabella sono inoltre riportati, nel caso di progettazione a carico dell'ESECUTORE, per alcune opere, il massimo valore da utilizzare come resistenza di calcolo.

Per tutti i tipi di calcestruzzo il dosaggio di cemento non deve risultare inferiore a 300 kg/m^3, ad esclusione del calcestruzzo tipo I, e non maggiore di 400 kg/m^3. Eventuali deroghe possono essere concesse all'ESECUTORE dalle FERROVIE in sede di qualifica delle miscele, mediante preventiva definizione e successivo controllo delle caratteristiche che devono risultare conformi a quanto previsto dalla presente sezione di Capitolato.

Le prescrizioni di base riportate in tabella 6.9.1 sono corredate da specifici requisiti aggiuntivi riportati ai punti successivi del presente paragrafo e in 6.10 e 6.11, associati a ciascun tipo di calcestruzzo, requisiti che l'ESECUTORE deve rispettare nel confezionamento delle miscele da sottoporre ad approvazione delle FERROVIE.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Di seguito sono indicate ulteriori prescrizioni per la garanzia alla durabilità delle opere valide per le diverse tipologie di calcestruzzo e alle quali l'ESECUTORE deve attenersi.

6.9.1 CALCESTRUZZI SOGGETTI A CICLI DI GELO - DISGELO

I calcestruzzi in classe di esposizione XF2, XF3 e XF4 devono prevedere un contenuto minimo di aria aggiunta compreso tra il 3 e il 4 % secondo i valori minimi riportati nel prospetto 4 della norma UNI 11104 e nella tabella F.1 della UNI EN 206, da verificare mediante norma UNI EN 12350 parte 7. La presenza di micro bolle di aria uniformemente distribuite facilità, infatti, l'espansione dell'acqua durante il congelamento.

Per una corretta valutazione del contenuto di aria necessario, l'ESECUTORE deve tenere in considerazione i fenomeni che inducono perdita d'aria, quali il pompaggio, la posa in opera, la compattazione.

Per la resistenza ai cicli di gelo e disgelo l'ESECUTORE deve fare riferimento alle istruzioni per la prevenzione degli effetti contenute nella norma UNI 11417-1 e alla norma UNI 7087, per quanto riguarda le modalità di prova per la determinazione della resistenza ai cicli di gelo/disgelo.

L'ESECUTORE deve evitare che la disomogenea distribuzione delle micro bolle d'aria nell'impasto determini nella struttura volumi di calcestruzzo aventi caratteristiche estremamente variabili con conseguenti negative ripercussioni sulla resistenza e sulla durabilità dell'opera.

6.9.2 CALCESTRUZZI SOGGETTI AD ATTACCO CHIMICO

Al fine di valutare l'eventuale attacco chimico cui potrebbero essere sottoposti i calcestruzzi, l'ESECUTORE ha l'onere del preventivo accertamento della presenza e della concentrazione nei terreni e nelle acque di agenti aggressivi di cui alla norma UNI EN 206 (tabella 2).

Gli agenti aggressivi di cui tener conto sono, per i terreni, gli ioni solfato ($SO4^{=}$), per le acque, gli ioni solfato, magnesio (Mg^{++}) e ammonio ($NH4^{+}$), secondo quanto riportato anche nella norma UNI 11417 -1.

Nel caso di accertamento di ambiente chimicamente aggressivo, l'ESECUTORE deve individuare la classe di esposizione ambientale tra le classi XA1, XA2 e XA3, sulla base della concentrazione di agenti aggressivi presenti e utilizzare conseguentemente cementi a moderata, alta o altissima resistenza ai solfati, secondo UNI 9156, come indicato nella norma UNI 11417 -1 (Prospetto A.9).

6.9.3 CALCESTRUZZI SOGGETTI A DILAVAMENTO E PENETRAZIONE ALL'ACQUA

Nel caso di calcestruzzi immersi in acqua, l'ESECUTORE deve valutare il grado di attacco chimico in funzione del contenuto di CO_2 aggressiva nelle acque e del relativo ph, secondo quanto riportato nella norma UNI 11417-1. Nel caso di accertamento di ambiente chimicamente aggressivo deve individuare la classe di esposizione ambientale tra le classi XA1, XA2 e XA3 e conseguentemente deve utilizzare cementi a moderata, alta o altissima resistenza al dilavamento, secondo UNI 9606, come indicato nella medesima norma UNI 11417-1 (punto A.4.2).

6.9.4 CALCESTRUZZI SOGGETTI A REAZIONE ALCALI- AGGREGATI

Solamente a livello di informativa per l'ESECUTORE si descrivono le tipologie di aggregato reattivo che sono quelle contenenti minerali reattivi nei confronti degli alcali (K_2O, Na_2O), quali la silice amorfa, la silice criptocristallina e fibrosa (calcedonio), il quarzo cristallino in stato di alterazione o tensione con cristalli che presentano angolo di estinzione ondulata maggiore di 15° o contengono inclusioni di miche, ossidi e solfuri metallici.

Le rocce, nelle quali sono stati riscontrati di norma minerali reattivi, sono:

- diaspri, ftaniti e simili nei quali il minerale reattivo è rappresentato da selce, costituita da quarzo microcristallino associato a calcedonio fibroso e silice opalina;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- calcari arenacei (calcareniti e biocalcareniti) costituiti da calcite accompagnata da lenti di selce, gusci fossili, gusci fossili silicei e da granuli di quarzo con estinzione ondulata;
- calcari silicizzati, costituiti da materiale di natura calcarea associati a gusci fossili calcitici parzialmente o totalmente silicizzati, oltre a quarzo e calcedonio.

L'ESECUTORE in sede di qualifica delle miscele da utilizzare, deve valutare il rischio di pericolosità causato dalla reazione alcali-aggregato sulla base delle indicazioni e dei metodi di prova suggeriti nella norma UNI 11417 - 2. Si precisa a riguardo che tutte le parti d'opere che svolgono funzioni strutturali sono da considerare in categoria III non essendo per esse assolutamente accettabile il rischio di degrado per reazione alcali-aggregato. Per il livello di protezione, salvo il caso di strutture in ambienti X0 e XC1/secco si deve assumere il "C" in base al quale devono utilizzarsi aggregati classificati **non reattivi,** sulla base della metodologia descritta nel seguito, e adottare un valore del SET (sodio equivalente totale per m^3 di calcestruzzo) non superiore a 3 kg Na_2O_{eq}/m^3. E' possibile adottare un Set non superiore a 5.0 kg se l'aggregato è classificato non reattivo con ciascuno dei tre metodi di prova che costituiscono la metodologia di prova.

La norma prescrive la seguente metodologia di prova:

1. esame petrografico (secondo UNI EN 932/3);
2. prova ultra accelerata di espansione in malta (secondo UNI 8520/22);
3. prova accelerata di espansione del calcestruzzo (secondo UNI 8520/22);

precisando che se i risultati delle prove 1 e 2 sono concordi nel diagnosticare l'aggregato come non reattivo (non sono identificate fasi reattive agli alcali nell'esame petrografico e l'espansione in malta è inferiore allo 0.10% dopo 14 giorni), l'aggregato può non essere sottoposto alla prova 3 e venire classificato non reattivo. Se invece esiste discordanza diagnostica tra gli esami 1 e 2, allora l'aggregato deve essere sottoposto alla prova 3 il cui risultato è decisivo ai fini della diagnosi di reattività o non reattività.

6.10 REQUISITI AGGIUNTIVI DELLE MISCELE

Di seguito sono indicate ulteriori prove per le miscele di calcestruzzo da eseguire in fase di qualifica che l'ESECUTORE deve verificare nei casi in cui esistano specifici requisiti progettuali e/o quando prescritto in 6.11 per i singoli tipi di calcestruzzo.

6.10.1 MODULO ELASTICO

La prova con cui effettuare la determinazione del modulo elastico secante è definita dalla norma UNI EN 12390-13; i valori delle tensioni che l'ESECUTORE deve prendere a riferimento, se non diversamente previsto da indicazioni progettuali, sono quella nulla e quella cui corrisponde un valore pari a metà del valore medio della resistenza a compressione.

6.10.2 RITIRO IDRAULICO

Il ritiro idraulico deve essere valutato tenendo a riferimento, oltre il tipo di calcestruzzo e la condizione ambientale di getto e di prima stagionatura, anche la dimensione e la geometria dell'elemento.

Per la determinazione del ritiro in direzione uniassiale in funzione della dimensione massima dell'aggregato costituente la miscela di calcestruzzo, si fa riferimento alle norme UNI 11307. Le scadenze temporali per la misurazione sono quelle indicate nella norma sopra citata. In mancanza di specifiche indicazioni progettuali può essere preso a riferimento come limite di accettabilità di ritiro il valore di 400 μm/m a 60 giorni e 500μm/m a 90 giorni.

6.10.3 RITIRO TERMICO

Per la prevenzione delle fessure da ritiro termico occorre limitare lo sviluppo del calore d'idratazione del calcestruzzo; per tale motivo la scelta del tipo e del dosaggio di cemento deve essere tale da minimizzare il

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

seguente valore:

$\Delta Tmax = q.c / Mv.cs < \Delta Tmax$ (i)

dove:

$\Delta Tmax$: massimo incremento termico del calcestruzzo fresco rispetto alla temperatura ambiente;

c: dosaggio di cemento (kg/m^3);

q: calore di idratazione del cemento (kJ/kg) a 2gg;

Mv: massa volumica del calcestruzzo (kg/m^3);

cs: calore specifico del calcestruzzo, mediamente pari a 1,10 kJ/kg.C°;

$\Delta Tmax$ (i) : valore soglia stabilito secondo il tipo di calcestruzzo (i) considerato.

La determinazione del $\Delta Tmax$, deve essere effettuata con i seguenti controlli:

- in laboratorio mediante una prova adiabatica su un campione di calcestruzzo tale da poter essere ritenuto rappresentativo per la singola opera in oggetto e comunque da concordare con le FERROVIE;
- in sito, nel caso di singole parti d'opera significative o di parti previste in serie, mediante la realizzazione di un prototipo, opportunamente dimensionato, da eseguire in condizioni ambientali più prossime a quelle previste in fase di getto e comunque da concordare con le FERROVIE, come indicato nel par. 6.15.4.3.

Per la scelta del cemento più idoneo, a parità di rapporto a/c, l'ESECUTORE deve procedere in fase di qualifica ad una prova di confronto in calcestruzzo, utilizzando diversi tipi di cementi ed eventuali aggiunte (cenere volante, micro silice). Si può intervenire sul tipo di cemento, anche in relazione ai tempi previsti per lo scassero.

Per il rispetto del $\Delta Tmax$ si prescrive l'impiego di casseri (parte a contatto del calcestruzzo) in legno multistrato o altro materiale delle stesse capacità di coibentazione.

6.11 PRESCRIZIONI PER I SINGOLI TIPI DI CALCESTRUZZO

Durante la fase di studio di qualifica della miscela di calcestruzzo l'ESECUTORE deve rispettare, per le tipologie di calcestruzzo indicate nella tabella 6.9.1 in funzione dei diversi campi d'impiego, sia i requisiti minimi precedentemente prescritti, sia le ulteriori caratteristiche di seguito riportate.

6.11.1 CALCESTRUZZO ARMATO GETTATO IN OPERA

Calcestruzzi di tipo C

Gli elementi strutturali per i quali è previsto l'impiego di calcestruzzi tipo C1 sono caratterizzati dalla proprietà comune di avere notevoli superfici esposte all'aria, perché le loro dimensioni si sviluppano per lunghezze elevate e spessore limitato.

Gli elementi strutturali per i quali è previsto l'impiego di calcestruzzi tipo C2 sono caratterizzati da dimensioni massicce e, pertanto, la miscela deve essere definita per tenere conto soprattutto dei fenomeni di fessurazione connessi all'elevato gradiente termico tra nucleo e periferia del manufatto.

I valori soglia prescritti per $\Delta Tmax$ (come definito al punto 6.10.3) sono 40°C per i calcestruzzi di tipo C1 e 50°C per quelli di tipo C2. Tali valori sono comunque da rapportarsi all'effettiva geometria, dimensione, costituzione e grado di vincolo della parte d'opera in oggetto. Per i calcestruzzi di tipo C1 è prevista la valutazione del ritiro idraulico in sede di qualifica della miscela.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Calcestruzzi di tipo D

I calcestruzzi in tipologia D sono destinati alla realizzazione di pavimentazioni rigide e di manufatti estrusi, dove è necessario garantire requisiti di resistenza meccanica a trazione per flessione unitamente a caratteristiche di lavorabilità proprie di miscele da porre in opera mediante macchine (es. vibrofinitrici per le lastre in cls) che richiedono consistenza molto asciutta.

Deve essere verificata in fase di qualifica la resistenza caratteristica a trazione per flessione secondo norma UNI EN 12390-5, il cui valore deve essere $\geq$ 4 MPa a 7gg e $\geq$ 5 MPa a 28gg.

Calcestruzzi di tipo E

I calcestruzzi in tipologia E sono destinati alla realizzazione di tombini scatolari o circolari per la canalizzazione e l'allontanamento delle acque meteoriche.

Allo scopo di ottenere un buon grado di finitura superficiale, una buona resistenza all'abrasione e una bassa permeabilità del manufatto, si deve prevedere l'aggiunta di un adeguato dosaggio di microsilice pari almeno a 20 kg/m^3 nella miscela di calcestruzzo, unitamente ad un tipo e a un dosaggio di superfluidificante da dichiarare nello studio di pre-qualifica e da verificare in fase di qualifica della miscela in impianto.

Deve essere altresì verificata in fase di qualifica la penetrazione all'acqua secondo norma UNI EN 12390-8.

Calcestruzzi di tipo F

Questo tipo di calcestruzzo è destinato alle applicazioni in galleria.

- *Calcestruzzi di tipo F1 e F2*

I calcestruzzi di tipologia F1 e F2 sono destinati alla realizzazione degli archi rovesci delle gallerie. In virtù dell'assenza di casseratura, e quindi della maggiore dispersione di temperatura, nonché dell'assenza di vincoli della struttura, per il getto dell'arco rovescio l'ESECUTORE deve fare in modo di limitare lo sviluppo di calore interno per evitare la formazione di fessure.

Il valore soglia prescritto per ΔT_{max} (come definito al punto 6.10.3) è 40°C. Tale valore è comunque da rapportarsi all'effettiva geometria, dimensione, costituzione e grado di vincolo della parte d'opera in oggetto.

- *Calcestruzzi di tipo F3*

I calcestruzzi di tipologia F3 è destinato alla realizzazione dei piedritti e della calotta delle gallerie. Per tali getti l'ESECUTORE deve fare in modo di limitare lo sviluppo di temperatura all'interno del getto ed il gradiente termico tra il calcestruzzo all'intradosso della calotta e l'ambiente esterno.

Il valore soglia prescritto per ΔT_{max} (come definito al punto 6.10.3) è 35°C. Tale valore è comunque da rapportarsi all'effettiva geometria, dimensione, costituzione e grado di vincolo della parte d'opera in oggetto.

Calcestruzzi di tipo G

I calcestruzzi di tipologia G sono destinati alla realizzazione di muri, solettoni di fondazione, fondazioni, cumette e canalette. Il valore soglia prescritto per ΔT_{max} (come definito al punto 6.10.3) è 40°C. Tale valore è comunque da rapportarsi all'effettiva geometria, dimensione, costituzione e grado di vincolo della parte d'opera in oggetto.

Calcestruzzi di tipo H

I calcestruzzi tipo H sono destinati alla realizzazione di pali, paratie e diaframmi.

Il calcestruzzo deve presentare caratteristiche di prolungato mantenimento della lavorabilità e di prolungati tempi di presa, anche al fine di conseguire un getto omogeneo e privo di segregazione.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

A questo fine deve essere verificata la corretta granulometria dell'aggregato, il possibile utilizzo di aggiunte di cenere volante o fumi di silice, o di specifici coesivizzanti e la possibilità d'impiego di ritardanti finalizzato al mantenimento della classe di consistenza per il tempo intercorrente dal confezionamento all'impianto al completamento del getto.

Devono inoltre essere verificati i seguenti punti:

- l'opportunità di utilizzo di specifici additivi superfluidificanti con forte effetto ritardante o di combinazioni di additivi superfluidificanti e additivi ritardanti, comunque conformi alla norma UNI EN 934/2;
- la non segregazione della miscela, mediante test di spandimento a due ore (UNI EN 12350-5);
- il tempo di inizio presa del calcestruzzo che non sia inferiore alle 4 ore ad una temperatura di 30°C, misurato secondo la norma UNI 7123.

6.11.2 CALCESTRUZZO ARMATO DA PREFABBRICAZIONE

Calcestruzzi di tipo A1

Per i calcestruzzi di tipo A1, destinati alla realizzazione di impalcati ed elementi in c.a.p. prefabbricati in stabilimento o a piè d'opera, devono essere rispettate, salvo diverse indicazioni di progetto, le seguenti prescrizioni:

- controllo del passante % granulometrico ai vagli 0,25 mm e 0,5 mm, ai quali devono corrispondere valori superiori rispettivamente a 6% e 12%;
- dimensione massima dell'aggregato non maggiore di 20 mm;
- resistenza a compressione Rck a 28gg ≥ 45 MPa, misurata secondo le indicazioni della norma UNI EN 12390-2 su provini maturati con ciclo termico a vapore predefinito e stagionati a 20°C e U.R. ≥ 95%;
- determinazione e dichiarazione del valore di Rckj a fine ciclo di maturazione termica (14-16-18 ore), misurato mediante stagionatura dei provini in vasca di maturazione accelerata con il ciclo di maturazione prescelto;
- resistenza caratteristica a trazione indiretta a fine ciclo di maturazione termica, fctkj, superiore a 4,5 MPa, misurata secondo le indicazioni della norma UNI EN 12390-6;
- verifica del modulo di elasticità del calcestruzzo secondo norma UNI 12390-13 che deve risultare ≥ 37.000 N/mm² alla fine del ciclo di maturazione termica;
- verifica del ritiro idraulico, secondo quanto indicato al punto 6.10.2, che deve risultare ≤ 400 μm/m a 180 giorni.

Calcestruzzi di tipo B

I calcestruzzi di tipo B sono distinti in base all'utilizzo come di seguito indicato:

- calcestruzzi tipo B1: elementi prefabbricati in c.a. per strutture fuori terra;
- calcestruzzi tipo B2: conci prefabbricati in c.a. di rivestimento definitivo di gallerie;
- calcestruzzi tipo B3: canalette portacavi, cunette, manufatti senza funzioni strutturali.

I calcestruzzi di tipo B1 sono destinati alla realizzazione manufatti ad armatura lenta caratterizzati generalmente da sezioni sottili e da notevoli superfici espositive (ad es. pannelli prefabbricati o pilastri prefabbricati).

I calcestruzzi tipo B2 sono destinati alla realizzazione di conci di rivestimento definitivo per la costruzione di gallerie per i quali la problematica principale è la tenuta all'acqua e, quindi, la durabilità in ambiente potenzialmente aggressivo.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

I calcestruzzi di tipo B3 sono destinati alla realizzazione di manufatti minori per i quali devono essere rispettati i requisiti della tabella 6.5.

Per i calcestruzzi di tipo B1 e B2, salvo diverse indicazioni di progetto, devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- controllo dei passanti % granulometrici ai vagli 0,25 mm e 0,5 mm, ai quali devono corrispondere valori superiori rispettivamente a 6% e 12%;
- valore della resistenza a compressione a fine ciclo di maturazione termica Rckj allo scassero ≥ 15 MPa, misurato in accordo alla norma UNI EN 12390-2;
- verifica della penetrazione all'acqua a 28 gg secondo norma UNI EN 12390-8.

6.12 QUALIFICA DEI MIX DESIGN PER CONGLOMERATI CEMENTIZI

E' obbligo dell'ESECUTORE conseguire, preliminarmente a qualsiasi getto, la qualifica del mix design dei calcestruzzi da utilizzare. E' possibile non procedere a dette qualifiche ma utilizzare miscele già testate dal produttore del calcestruzzo e che rispondano ai requisiti richiesti dalla presente sezione del Capitolato, solamente negli appalti di lavori che prevedono un quantitativo complessivo di calcestruzzo inferiore a 1500 m^3. In tal caso l'ESECUTORE deve presentare alle FERROVIE, per la preventiva approvazione, tutta la certificazione acquisita dall'impianto di produzione relativa alle miscele di calcestruzzo che intende utilizzare.

Si precisa che l'ESECUTORE ha l'obbligo di procedere dopo un anno a nuova qualifica delle miscele destinate alla realizzazione di quantitativi di calcestruzzo maggiori di 1500 m^3. L'ESECUTORE, in tal caso, deve comunicare alle FERROVIE la data di inizio dell'attività di riqualifica, restando inteso che qualora le FERROVIE non possano assistere, lo stesso dovrà comunque fornire tutte le risultanze delle prove effettuate in quel giorno/per quella attività.

Si definiscono di seguito le attività che l'ESECUTORE deve eseguire al fine di conseguire la qualifica del conglomerato cementizio.

6.12.1. STUDI PRELIMINARI DI PREQUALIFICA

Preliminarmente alla fornitura del calcestruzzo l'ESECUTORE deve presentare per approvazione alle FERROVIE, nei modi e nei tempi previsti contrattualmente, i dossier di qualifica degli impasti per tutti i tipi e le classi di calcestruzzo da utilizzare per la costruzione delle opere.

A tal fine l'ESECUTORE deve presentare, allegato al suddetto dossier, un documento preliminare di prequalifica atto ad attestare la conformità del calcestruzzo e dei singoli costituenti alle prescrizioni e norme riportate sia nel progetto approvato che nel presente documento, basato su studi preliminari ed eventuali verifiche condotte direttamente presso l'impianto di betonaggio.

In particolare, nella relazione di prequalifica l'ESECUTORE deve fare esplicito riferimento a:

- materiali che si intendono utilizzare, indicandone provenienza, tipo e qualità;
- conformità dei materiali costituenti a quanto prescritto nel presente Capitolato;
- massa volumica reale s.s.a. e assorbimento, per ogni classe di aggregato, valutati secondo la norma UNI EN 1097 parte 6;
- studio granulometrico per ogni tipo e classe di calcestruzzo;
- tipo, classe e dosaggio del cemento;
- rapporto acqua-cemento;
- peso specifico del calcestruzzo fresco e calcolo della resa;
- classe di esposizione ambientale a cui è destinata la miscela;
- tipo e dosaggio degli eventuali additivi;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- proporzionamento analitico della miscela e resa volumetrica;
- classe di consistenza, secondo la norma UNI EN 12350, parti 2 e 5;
- risultati delle prove di resistenza a compressione e determinazione del valore caratteristico, secondo UNI EN 12390-3;
- curve di resistenza nel tempo (almeno per il periodo 2÷28 giorni);
- caratteristiche dell'impianto di confezionamento e stato delle tarature;
- apposite procedure sui sistemi di trasporto, di getto e di maturazione.

6.12.2 QUALIFICA ALL'IMPIANTO DI BETONAGGIO

In questa fase l'ESECUTORE deve realizzare alla presenza delle FERROVIE gli impasti di verifica all'impianto di produzione, in base ai seguenti requisiti:

1. il valore della resistenza media a compressione a 28 giorni, misurata su almeno 4 prelievi (la resistenza di ciascun prelievo è la media delle resistenze a compressione di due o più provini), deve essere:

   per $R_{ck} \leq 30$ N/mm² $R_m \geq 1{,}15\ R_{ck}$

   per $R_{ck} > 30$ N/mm² $R_m \geq 1{,}10\ R_{ck}$

   con valore minimo di ogni singolo provino $R_i \geq R_{ck}$;

2. il valore dell'abbassamento al cono deve essere conforme alla classe di consistenza dichiarata e mantenersi entro i limiti della stessa per almeno 60 minuti;
3. il rapporto acqua/cemento non si discosti di + 0.02 da quello dichiarato nella prequalifica;
4. il valore della massa volumica del calcestruzzo fresco deve essere tale che la resa volumetrica del calcestruzzo (rapporto tra la massa volumica impostata e la massa volumica misurata) sia contenuta in un intervallo di +/- 3% del valore unitario.

Se le resistenze medie a compressione per ciascun tipo di calcestruzzo, misurate a 3, 7 e 28 giorni sui provini prelevati dall'impasto di prova all'impianto, non si discostano di ± 15% dalle resistenze indicate nella relazione di prequalifica, queste verranno assunte a riferimento per i primi 50 prelievi; in caso contrario l'impasto di prova all'impianto deve essere ripetuto e i valori delle resistenze da assumere a riferimento per i primi 50 prelievi verranno determinate adottando, per ciascuna età di maturazione, la media delle resistenze a 3, 7 e 28 giorni dei due impasti di prova.

Più precisamente, le prove da eseguire in fase di qualifica delle miscele all'impianto di betonaggio devono essere le seguenti:

a) Calcestruzzo fresco:

- rapporto acqua/cemento, da verificare mediante essiccazione di un campione di calcestruzzo fresco, come specificato al precedente punto 6.8.3.;
- classe di consistenza, da verificare secondo UNI EN 12350 parte 2 o UNI EN 12350 parte 5, con mantenimento della classe fino a 60 minuti;
- determinazione acqua essudata, da misurare secondo UNI EN 480/4;
- contenuto di cloruri nell'impasto come definito in UNI EN 206;
- percentuale di aria occlusa, da misurare secondo UNI EN 12350 parte 7 (per i calcestruzzi areati);
- massa volumica, da misurare secondo UNI EN 12350 parte 6;
- controllo acqua di impasto secondo UNI EN 1008;
- ritiro idraulico secondo UNI 11307 (per i calcestruzzi tipo C1 e A1);

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- ritiro termico (per i calcestruzzi tipo C1,C2,F1,F2,F3,G).

Per getti da effettuarsi in clima caldo dove la temperatura ambiente non sia tale da garantire una temperatura massima del calcestruzzo come indicato al punto 6.8.7, deve essere prevista l'idoneità della miscela anche per temperature superiori, mediante qualifica comprensiva di additivi ritardanti o superfluidificanti del tipo di cui al punto 6.6.5 al fine di garantire il mantenimento dei tempi di presa e della classe di consistenza di progetto.

b) Calcestruzzo indurito:

- determinazione della resistenza a compressione a 1, 3, 7, 14 e 28 giorni di stagionatura, in conformità alla norma UNI EN 12390 parte 3;
- determinazione del modulo elastico statico a compressione, secondo UNI 6556;
- determinazione della resistenza a trazione indiretta secondo UNI EN 12390-6;
- determinazione della massa volumica, da verificare secondo UNI EN 12390-7;
- determinazione della profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione secondo la norma UNI EN 12390-8 (per i calcestruzzi di classe B1, B2 ed E);
- determinazione della resistenza ai cicli di gelo disgelo, secondo norma UNI 7087, nel caso di specifiche indicazioni progettuali.

La prova della profondità di penetrazione all'acqua (secondo UNI EN 12390-8), da eseguirsi su almeno 3 provini, dovrà fornire i seguenti valori: valore massimo: ≤50 mm; valore medio ≤ 20 mm.

La determinazione della resistenza a compressione a 1,3,7,14 giorni, di cui al primo punto del precedente elenco, verrà eseguita mediante prove sul materiale relativo 1 prelievo (2 cubetti) mentre la determinazione della resistenza a 28 giorni, mediante prove su 4 prelievi (8 cubetti).

Inoltre, possono essere richieste dalle FERROVIE prove allo scopo di definire un'apposita correlazione per la stima della resistenza mediante metodi non distruttivi (secondo UNI EN 12504-2/4), in modo da avere un ulteriore parametro di confronto in caso di non conformità in opera.

Devono essere verificati, in aggiunta alle specifiche sopra riportate, anche i requisiti aggiuntivi per le miscele di calcestruzzo definiti al punto 6.10 e quelle per i singoli tipi di calcestruzzo riportate al par. 6.11 della presente sezione di Capitolato.

Inoltre, l'ESECUTORE deve verificare la rispondenza dei dosaggi impostati con i dosaggi realmente effettuati durante il caricamento all'impianto mediante esame della stampa della ricetta.

Nel caso in cui la miscelazione del calcestruzzo da gettare in opera venga affidata ad autobetoniera, in fase di qualifica non può utilizzarsi il miscelatore ma solamente l'autobetoniera.

Tutti gli oneri e gli eventuali ritardi causati dalle ripetizioni delle prove all'impianto di confezionamento saranno a totale carico dell'ESECUTORE.

L'approvazione delle miscele di calcestruzzo da parte delle FERROVIE non libera in alcun modo l'ESECUTORE dalle sue responsabilità in base alle norme vigenti.

La qualifica delle miscele deve essere ripetuta, con le medesime modalità, ogni qualvolta venissero a modificarsi i componenti o i dosaggi dei costituenti del calcestruzzo o le modalità di confezionamento delle miscele stesse.

6.13 CONTROLLI DI CONFORMITÀ IN CORSO D'OPERA E FREQUENZE DI PROVA

Ogni fornitura in cantiere deve essere accompagnata da documenti che indichino gli estremi della certificazione di controllo di produzione in fabbrica FPC (factory production control) in conformità al DM 14/1/2008.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Le FERROVIE effettueranno controlli periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza dei materiali e degli impasti impiegati con quelle garantite in sede di qualifica.

Per consentire l'effettuazione delle prove in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'ESECUTORE dovrà disporre di uno o più labratori attrezzati all'esecuzione delle prove previste, in cantiere e/o presso l'impianto di confezionamento, ad eccezione delle eventuali determinazioni chimiche e dei controlli di accettazione che dovranno essere eseguuiti presso laboratori di cui all'art. 59 del DPR n.380/2001.

6.13.1 CONTROLLI DI ACCETTAZIONE DELLA RESISTENZA A COMPRESSIONE

Per il controllo di conformità della resistenza a compressione da parte delle FERROVIE, valgono le prescrizioni contenute nel DM 14/1/2008 e nella relativa Circolare esplicativa. I controlli saranno classificati come segue:

- di tipo A: controllo di accettazione ogni 300 m^3 massimo di getto;
- di tipo B: controllo di accettazione impiegato quando siano previsti quantitativi di miscela omogenea uguali o superiori ai 1500 m^3.

Il prelievo del conglomerato per i controlli di accettazione si deve eseguire all'uscita della betoniera (non prima di aver scaricato almeno 0.3 m^3 di conglomerato e possibilmente a metà del carico). I campioni di calcestruzzo devono essere preparati con casseforme rispondenti alla norma UNI EN 12390-1, confezionati secondo le indicazioni riportate nella norma UNI EN 12390-2.

Le casseforme devono essere realizzate con materiali rigidi al fine di prevenire deformazioni durante le operazioni di preparazione dei provini, devono essere a tenuta stagna e non assorbenti.

La geometria delle casseforme deve essere cubica di lato pari a 150 mm o cilindrica con diametro pari a 150 mm ed altezza pari a 300 mm.

Sulla superficie dei provini sarà applicata (annegandola nel calcestruzzo) un'etichetta di plastica/cartoncino rigido sulla quale verrà riportata l'identificazione del campione con inchiostro indelebile; l'etichetta sarà siglata dalle FERROVIE al momento del confezionamento dei provini.

L'esecuzione del campionamento deve essere accompagnata dalla stesura di un verbale di prelievo che riporti le seguenti indicazioni:

- identificazione del campione;
- tipo di calcestruzzo;
- numero di provini effettuati;
- codice del prelievo;
- metodo di compattazione adottato;
- numero del documento di trasporto;
- ubicazione del getto per il puntuale riferimento del calcestruzzo messo in opera (es. muro di sostegno, solaio di copertura, soletta di ponte, ecc.);
- identificazione del cantiere e dell'Impresa appaltatrice;
- data e ora di confezionamento dei provini;
- firma della D.L.

Al termine del prelievo i provini verranno conservati in adeguate strutture predisposte dall'ESECUTORE, appoggiati al di sopra di una superficie orizzontale piana in posizione non soggetta ad urti e vibrazioni.

Il calcestruzzo campionato deve essere lasciato all'interno delle casseforme per almeno 16 h (in ogni caso non oltre i 3 giorni). Trascorso questo termine i provini dovranno essere consegnati al Laboratorio incaricato di

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

eseguire le prove di schiacciamento, ove si provvederà alla loro conservazione, una volta rimossi dalle casseforme, in acqua alla temperatura costante di 20±2 °C oppure in ambiente termostatato posto alla temperatura di 20±2 °C e umidità relativa superiore al 95%.

Nel caso in cui i provini vengano conservati immersi nell'acqua, il contenitore deve avere dei ripiani realizzati con griglie (è consentito l'impiego di reti elettrosaldate) per fare in modo che tutte le superfici siano a contatto con l'acqua.

L'ESECUTORE sarà responsabile della corretta conservazione e custodia dei provini campionati, nonché del trasporto e della consegna degli stessi al Laboratorio incaricato. Alla consegna deve essere prodotta una domanda ufficiale di richiesta prove sottoscritta dalla Direzione Lavori, la quale indicherà la posizione e il tipo di strutture interessate da ciascun prelievo.

I certificati emessi dal Laboratorio dovranno contenere tutte le informazioni richieste al par. 11.2.5.3 del DM 14-01-2008.

6.13.2 CONTROLLO DI ACCETTAZIONE DEI VALORI DI CONSISTENZA

Salvo diverse specifiche e/o accordi con le FERROVIE la lavorabilità al momento del getto sarà controllata all'atto del prelievo dei campioni per i controlli d'accettazione della resistenza caratteristica convenzionale a compressione. L'ESECUTORE è tenuto comunque a verificare la consistenza del calcestruzzo di ogni autobetoniera e a darne evidenza alle FERROVIE. La misura della lavorabilità sarà condotta in accordo alla UNI-EN 206 dopo aver scaricato dalla betoniera almeno 0,3 m^3 di calcestruzzo e sarà effettuata mediante differenti metodologie.

Sarà cura dell'ESECUTORE garantire in ogni situazione la classe di consistenza prescritta per le diverse miscele tenendo conto che è assolutamente vietata qualsiasi aggiunta di acqua in betoniera al momento del getto dopo l'inizio dello scarico del calcestruzzo dall'autobetoniera. L'ESECUTORE deve garantire che tra fine confezionamento del calcestruzzo e fine getto non intercorra un tempo superiore a 90 minuti.

Si potrà operare in deroga a questa prescrizione in casi eccezionali quando i tempi di trasporto del calcestruzzo dall'impianto al cantiere dovessero risultare superiori ai 75 minuti. In questa evenienza si potrà utilizzare il conglomerato fino a 120 minuti dalla miscelazione purché esso possegga i requisiti di lavorabilità e resistenza iniziale prescritti. Di ciò si deve dare evidenza mediante apposita specifica della miscela approvata dalle FERROVIE.

Il calcestruzzo con lavorabilità inferiore potrà essere a discrezione delle FERROVIE:

- respinto (l'onere della nuova fornitura in tal caso resta in capo all'ESECUTORE);
- accettato se esistono le condizioni, in relazione alla difficoltà di esecuzione del getto, per conseguire un completo riempimento dei casseri ed una completa compattazione; tutti gli oneri derivanti dalla maggior richiesta di compattazione restano a carico dell'ESECUTORE.

6.13.3 CONTROLLI DI CONFORMITÀ DELLA RESISTENZA SULLE OPERE FINITE

In caso di controllo su elementi strutturali già realizzati dove si possono essere evidenziate problematiche tali da richiedere la verifica della qualità del materiale, il prelievo, da eseguire da parte dell'ESECUTORE in contraddittorio con le FERROVIE, deve avvenire eseguendo carotaggi dai quali ricavare un numero adeguato di provini cilindrici con operazioni di taglio e rettifica delle basi, in accordo alla norma UNI EN 12504-1.

Si riportano le prescrizioni e raccomandazioni che devono essere seguite dall'ESECUTORE nell'applicare il criterio di seguito esposto per la valutazione dei risultati:

- l'estrazione e la prova devono essere preferibilmente effettuate non oltre due mesi dopo la posa in opera del calcestruzzo; per tempi più lunghi gli effetti di maturazione e carbonatazione superficiale

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

possono portare a sovrastima delle resistenze di cui si deve tenere conto;

- l'estrazione dei provini da strutture in elevazione deve essere effettuata nella parte mediana delle strutture perché l'effetto di autocompattazione porta a incrementi della massa volumica e della resistenza nella parte inferiore;
- i provini ricavati dai prelievi non devono contenere al loro interno più di un elemento di armatura normale alla direzione di prova, preferibilmente nessuno, in caso contrario il provino deve essere scartato; inoltre i provini non devono contenere alcuna armatura in direzione parallela al loro asse longitudinale.
- La stima della resistenza caratteristica del calcestruzzo si baserà sui risultati ottenuti nelle prove a compressione su un numero n di provini estratti dalla porzione di struttura in esame tenuto conto che per ogni lotto di 100 m^3 di calcestruzzo indagato o frazione, il numero di provini n non deve risultare minore di quattro.
- Il diametro delle carote deve essere maggiore di almeno 3 volte la dimensione massima effettiva dell'aggregato e comunque maggiore di 100 mm. Il rapporto tra lunghezza e diametro dei provini deve essere possibilmente pari a 2 o comunque compreso tra 1 e 2.

Le carote una volta estratte, e i provini da esse successivamente ricavati, devono essere mantenuti umidi mediante idonei sistemi di protezione (teli umidi, sacchi chiusi, immersione in acqua, ecc.) fino alla prova di compressione; nelle lavorazioni di taglio e spianatura si deve evitare ogni essiccazione della superficie.

L'ESECUTORE deve eseguire le prove di compressione sulle carote esclusivamente presso Laboratori Ufficiali o Autorizzati come indicato al punto 6.5 della presente sezione di Capitolato, alla presenza del FERROVIE.

I dati riscontrati devono essere registrati dall'ESECUTORE con data, ora e punti di prelievo, comprensivi delle note di commento a cura delle FERROVIE.

Deve essere eseguita la misura della massa volumica media delle carote estratte dalla struttura (m_v). Il confronto con la massa volumica determinata in sede di prelievo di accettazione dei provini cubici (m_{vo}), compattati a rifiuto, porterà alla valutazione del grado di compattazione del calcestruzzo nella struttura: $G_c = m_v/m_{vo}$

Tale rapporto deve risultare maggiore di 0,90, ed in questo caso si procederà alla misura delle resistenze a compressione sulle carote, altrimenti l'elemento strutturale non può essere accettato.

Per la modalità di determinazione della resistenza strutturale e per i criteri di accettabilità si rimanda al par. 11.2.8 della Circolare 2/2/09 n. 617/C.S.LL.PP.

Controlli integrativi

Ad insindacabile giudizio delle FERROVIE, possono essere richiesti ulteriori controlli sul calcestruzzo di cui alle norme UNI EN 12504-2/3/4.

6.14 CARATTERISTICHE DELL'ACCIAIO D'ARMATURA PER C.A. E C.A.P.

6.14.1 PRESCRIZIONI COMUNI ALLE TIPOLOGIE DI ACCIAIO

L'ESECUTORE deve utilizzare acciai prodotti con un sistema di controllo permanente della produzione in stabilimento, mediante un sistema di gestione della qualità del prodotto certificato da parte di un organismo terzo indipendente che operi in coerenza con le norme UNI CEI EN ISO /IEC17021:2006.

La valutazione e il mantenimento della conformità del controllo di produzione in stabilimento e del prodotto finito avviene mediante marcatura CE ai sensi del Regolamento EU n.311/11 di recepimento della direttiva 89/106/CEE o, quando non applicabile, come nel caso delle armature per cemento armato, attraverso la

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

procedura di qualificazione indicata nel DM 14.01.2008 p. 11.3.1.2, con rilascio di apposito Attestato di Qualificazione da parte del Servizio Tecnico Centrale (S.T.C.) della Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici che deve accompagnare tutte le forniture di acciaio.

Deve essere garantita l'identificazione e la rintracciabilità dei prodotti qualificati mediante apposita marchiatura, secondo quanto indicato nel suddetto DM 14.01.2008 p. 11.3.1.4, inserita nel Catalogo Ufficiale degli acciai qualificati depositato presso il S.T.C..

La marchiatura deve specificare in modo inequivocabile il riferimento all'azienda produttrice, allo stabilimento, al tipo di acciaio e alla sua eventuale saldabilità.

La stessa deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione. La sua mancanza, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rende il prodotto non impiegabile.

Le forniture devono inoltre essere provviste dell'apposito cartellino indicante la designazione del prodotto come indicato, ad esempio, nella norma UNI EN 10080.

Le FERROVIE, prima della messa in opera, verificheranno che tutte le forniture provenienti dallo stabilimento di produzione siano accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione e la corrispondenza del marchio riportato sulle armature con quello riportato sull'attestato stesso. Si precisa che per le barre ordinarie e per i rotoli è ammessa solamente la marchiatura di laminazione. Il documento di trasporto deve riportare altresì:

- la data di spedizione e le indicazioni relative alla quantità, al tipo, alla colata, al destinatario e all'opera per cui l'acciaio è destinato.
- l'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione (come indicato al par. 11.3.1.7 del DM).

Nel caso di fornitura effettuata da un centro di trasformazione (es. sagomatori o assemblatori) le FERROVIE verificheranno preliminarmente il possesso dei requisiti di cui al par. 11.3.1.7 del DM 14/1/2008; in particolare acquisiranno gli estremi dell'attestato di Denuncia dell'attività di Centro di trasformazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale del C.S. dei Lavori Pubblici in quanto un centro di trasformazione privo di tale attestato non può fornire acciaio presagomato.

Sul documento di trasporto delle forniture in cantiere devono essere indicati gli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione e il logo o il marchio del centro di trasformazione con indicazione dell'utilizzazione prevista secondo il progetto approvato (opera, parte d'opera, posizione, numero totale dei ferri per posizione).

6.14.2 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

E' ammesso esclusivamente l'impiego di acciaio saldabile e ad aderenza migliorata, delle seguenti tipologie:

Acciaio per c.a. B450C

- Barre di acciaio (6 mm ≤ Ø ≤ 40 mm);
- Rotoli (6 mm ≤ Ø ≤ 16 mm);
- Reti elettrosaldate (6 mm ≤ Ø ≤ 16 mm);
- Tralicci elettrosaldati (6 mm ≤ Ø ≤ 16 mm).

Acciaio per c.a. B450A

- Barre di acciaio (5 mm ≤ Ø ≤ 10 mm);

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- Rotoli (5 mm ≤ Ø ≤ 10 mm);
- Reti elettrosaldate (5 mm ≤ Ø ≤ 10 mm);
- Tralicci elettrosaldati (5 mm ≤ Ø ≤ 10 mm).

Tali prodotti possono essere utilizzati direttamente o come elementi di base per successive trasformazioni (saldature, sagomature ecc.). Le loro caratteristiche meccaniche devono rispettare i requisiti previsti dal D.M.14.01.2008 - p. 11.3.2.1 e 11.3.2.2.

L'idoneità alla saldatura è condizionata dal non superamento dei valori di composizione chimica indicati nella tabella 11.3.II del DM 14/1/2008.

Se previsti da progetto possono impiegarsi altri tipi di acciaio quali gli inossidabili o gli zincati; per entrambi è richiesto il soddisfacimento dei requisiti indicati rispettivamente nei paragrafi 11.3.2.9.1. e 11.3.2.9.2. del medesimo D. M..

Per gli zincati debbono essere eseguiti specifici controlli sullo spessore e sulla continuità del rivestimento, nonché sull'aderenza acciaio-rivestimento in osservanza della norma UNI 10622.

6.14.2.1 Controlli di accettazione in cantiere.

I controlli sull'acciaio consegnato in cantiere sono disposti dalle FERROVIE sotto il proprio controllo diretto e devono eseguirsi prima della messa in opera del prodotto e comunque entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale in cantiere.

Le modalità di prelievo e di valutazione della conformità del prodotto sono quelle indicate ai paragrafi 11.3.2.10.4, per barre e rotoli, e 11.3.2.11.3 per reti e tralicci elettrosaldati del DM 14/1/2008.

Su ciascun lotto di spedizione consegnato, formato da massimo 30 t, si dovranno prelevare n. 3 spezzoni di lunghezza non inferiore a 120 cm o n. 3 saggi ricavati da tre diversi pannelli (reti e tralicci elettrosaldati), marchiati, dello stesso diametro e provenienti dallo stesso stabilimento di produzione. Qualora il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino una diversa provenienza, i controlli debbono essere estesi a ciascun lotto di provenienza.

Nel caso di armature provenienti da un Centro di Trasformazione, le FERROVIE potranno effettuare i controlli di accettazione anche recandosi presso il medesimo Centro.

In tal caso i prelievi verranno effettuati dal Direttore Tecnico del Centro di Trasformazione, secondo le disposizioni impartite dalle FERROVIE lì presenti, che si assicureranno mediante sigle, etichettature, ecc., che i campioni inviati al laboratorio incaricato siano quelli da lui prelevati e che sottoscriverà la richiesta specificando la struttura interessata dal prelievo.

I certificati di prova emessi dai laboratori devono contenere tutte le indicazioni elencate nel par. 11.3.2.10.4 del D.M. 14.01.2008 e la verifica delle tolleranze dimensionali riporate al par. 11.3.2.8 del DM 14/1/2008.

Le FERROVIE acquisiranno tali certificati di prova e confronteranno i valori riscontrati con quelli di accettazione riportati sulla tabella 11.3.VI del suddetto paragrafo.

Se i risultati delle prove sono maggiori o uguali al valore prescritto, il lotto consegnato deve essere considerato conforme altrimenti si dovrà procedere a ulteriori prelievi e prove secondo quanto stabilito nel par. 11.3.2.10.4 del D.M. 14.01.2008.

Per quanto riguarda la verifica delle tolleranze dimensionali, si pecisa che per valori della sezione misurata compresa fra il 98% e il 100% della sezione teorica, il materiale sarà contabilizzato sulla base della sezione teorica stessa. Per valori della sezione misurata inferiori al 98%, ma superiori al valore limite ammesso per la tolleranza dal DM 14/1/2008, l'ESECUTORE dovrà procedere al reintegro della sezione mancante negli

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

elementi strutturali ai quali l'armatura è destinata, o, in alternativa, potrà produrre, a sua cura e spese, calcoli di resistenza che giustifichino l'impiego del minor quantitativo di armatura. Quest'ultimo, nel caso di esito positivo delle veifiche, verrà contabilmente detratto dall'importo contrattuale.

Le FERROVIE, oltre alle prove previste dalla normativa, potranno disporre l'effettuazione di ulteriori controlli con le modalità che verranno a riguardo indicate.

Il materiale non ritenuto idoneo deve essere stoccato dall'ESECUTORE in apposita area.

L'ESECUTORE deve acquisire la documentazione su indicata e ne deve riportare gli estremi all'interno del "Registro dei ferri e prelievi " atto a consentire la rintracciabilità tra i singoli documenti di trasporto degli acciai, parte dell'opera dove lo stesso è stato impiegato e i relativi certificati di prova.

Tale documento deve formare oggetto di controllo da parte delle FERROVIE e del Collaudatore delle strutture.

6.14.3 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO PRECOMPRESSO

E' ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati secondo le procedure di cui al par. 11.3.1.2 del DM 14/1/08 e controllati (in stabilimento, nei centri di trasformazione e in cantiere) con le modalità riportate al par. 11.3.3.5.4 dello stesso DM come di seguito indicato.

6.14.3.1 Controlli di accettazione in cantiere

I controlli in cantiere che le FERROVIE devono far eseguire sono regolati dal DM e devono avvenire secondo le modalità indicate dalla norma UNI EN ISO 15630-3 presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. Per ogni lotto di spedizione, di massimo 30 tonnellate, va eseguito un prelievo di tre saggi sui quali effettuare le prove per la determinazione dei corrispondenti valori minimi di:

- tensione di rottura (fp_t);
- tensione di snervamento (f_{py});
- limite elastico allo 0.1% ($fp_{0.1}$);
- tensione corrispondente al 1% della deformazione totale (fp_1).

I risultati delle prove sono ritenuti compatibili se nessuno dei valori risulta inferiore ai corrispondenti valori dichiarati dal produttore.

Nel caso che anche uno solo dei valori minimi suddetti non rispetti questa condizione devono eseguirsi prove supplementari secondo la procedura indicata al par. 11.3.3.5.3 del DM.

Qualora la fornitura delle armature provenga da un centro di trasformazione, le FERROVIE, esaminata preliminarmente la documentazione attestante il possesso dei requisiti che lo stabilimento è tenuto a trasmettergli, in analogia a quanto già indicato per le barre da cemento armato, potranno recarsi presso il medesimo centro ed effettuare tutti i controlli di legge.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

6.15 NORME E REGOLE DI ESECUZIONE

6.15.1 IMPIEGO DI MAGRONE O MALTA DI LIVELLAMENTO

L'ESECUTORE, prima di effettuare qualsiasi getto di calcestruzzo di fondazione, deve predisporre sul fondo dello scavo già adeguato, uno strato di calcestruzzo magro (Tipo I della tabella 6.9.1) avente la funzione di piano di appoggio livellato e di cuscinetto isolante contro l'azione aggressiva del terreno.

Lo spessore minimo dello strato, se non diversamente previsto dai documenti di progetto, è 10 cm.

L'ESECUTORE deve verificare che, prima di effettuare la posa in opera della malta di livellamento, le superfici siano accuratamente pulite.

6.15.2 POSA IN OPERA DELLE CASSEFORME

L'ESECUTORE deve comunicare preventivamente alle FERROVIE il sistema e le modalità esecutive che intende adottare per l'esecuzione dei getti, ferma restando l'esclusiva responsabilità dell'ESECUTORE stesso per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione delle opere provvisionali e della loro rispondenza a tutte le norme di legge e ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle. Il sistema prescelto deve essere atto a consentire la realizzazione delle opere in conformità alle disposizioni contenute nel progetto.

Nella progettazione e nell'esecuzione delle armature di sostegno, delle centinature e delle attrezzature di costruzione, l'ESECUTORE è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni e i vincoli che eventualmente fossero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata dall'intervento e in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, FERROVIE, tranvie;
- per le interferenze con servizi di soprassuolo o di sottosuolo.

Tutte le attrezzature devono essere dotate degli opportuni accorgimenti affinché, in ogni punto della struttura, la rimozione dei sostegni sia regolare e uniforme.

Caratteristiche delle casseforme

E' consentito l'uso di casseforme di tipo metallico, in legno o costituite da materiali fibrocompressi.

Dimensioni e spessori devono essere tali da garantire la stabilità del posizionamento, eventualmente ricorrendo a opportuni irrigidimenti o controventature.

Per l'ottenimento di superfici a faccia vista con motivi o disegni in rilievo, l'ESECUTORE deve verificare che siano adottate specifiche matrici in conformità a quanto previsto dal progetto approvato.

Nel caso di getti all'aperto in condizioni di temperatura sfavorevole (prossime ai limiti di accettabilità previsti per il calcestruzzo) l'ESECUTORE deve utilizzare casseforme di legno per la loro minore conducibilità termica, e deve curare che le stesse siano eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate, in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto.

Nel caso di casseratura a perdere inglobata nell'opera, l'ESECUTORE deve verificarne la funzionalità se è elemento portante e la non dannosità se è elemento accessorio.

Pulizia e trattamento

L'ESECUTORE deve avere cura che i casseri siano sempre puliti e privi di elementi che possano pregiudicare l'aspetto della superficie del conglomerato cementizio indurito e, quando necessario, prima di ogni getto,

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

facendo uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui. Non è consentito l'utilizzo di prodotti potenzialmente macchianti o in grado di alterare la superficie di calcestruzzo in faccia vista.

L'ESECUTORE deve accertarsi che su tutte le casseforme di una stessa opera sia utilizzato lo stesso prodotto disarmante.

L'ESECUTORE per l'impiego e le prove sui prodotti disarmanti deve fare riferimento a quanto indicato nelle norme UNI 8866 parti 1 e 2.

Nel caso di utilizzo di casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto l'ESECUTORE deve fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata, garantendo la vibrazione contemporaneamente al getto.

Per conglomerati cementizi colorati o con cemento bianco, nel caso di uso di disarmanti, l'ESECUTORE deve eseguire prove preliminari alla presenza delle FERROVIE per dimostrare che il prodotto usato non alteri il colore.

Legature delle casseforme e distanziatori delle armature

L'ESECUTORE deve verificare che i dispositivi che mantengono in posizione le casseforme, quando attraversano il conglomerato cementizio, non siano dannosi a quest'ultimo; ove possibile, gli elementi delle casseforme devono essere fissati nell'esatta posizione prevista usando fili metallici liberi di scorrere entro tubi di PVC o simile, questi ultimi destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio; dove ciò non fosse possibile, l'ESECUTORE può adottatare altri sistemi da concordare con le FERROVIE.

Non è consentito l'uso di distanziatori di legno o metallici; sono ammessi distanziatori di plastica o in malta di cemento di forma cilindrica, semicilindrica o semisferica.

L'ESECUTORE deve verificare che la superficie del distanziatore a contatto con la cassaforma sia ridotta al minimo.

Giunti tra gli elementi di cassaforma

L'ESECUTORE deve verificare che i giunti tra gli elementi di cassaforma siano realizzati con ogni cura al fine di evitare fuoriuscite di boiacca, irregolarità e sbavature; può essere richiesto da progetto che tali giunti debbano essere evidenziati.

L'ESECUTORE deve verificare che le riprese di getto in corrispondenza dei giunti di cassaforma sulla faccia vista siano delle linee rette e, qualora richiesto dalle FERROVIE, siano marcate con gole o risalti in profondità, da sigillare opportunamente all'occorrenza.

Controlli sulle casseforme

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, deve verificare la conformità delle casseforme riguardo ai seguenti punti:

- caratteristiche costruttive e strutturali;
- pulizia e trattamento;
- legature;
- giunti, in particolare nei punti di ripresa del getto;
- predisposizioni dei fori, delle tracce, delle cavità, ecc., previste nei disegni costruttivi;
- copriferro;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- prodotti disarmanti.

6.15.3 POSIZIONAMENTO E REALIZZAZIONE DI GABBIE DI ARMATURA E GIUNZIONI

L'ESECUTORE deve, per quanto possibile, assicurare che siano garantite le seguenti condizioni:

- composizione fuori opera delle gabbie di armatura;
- in corrispondenza di tutti i nodi devono essere eseguite legature doppie incrociate in filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0,6 mm in modo da garantire l'invariabilità della geometria della gabbia durante il getto;
- posizione delle armature metalliche entro i casseri, utilizzando esclusivamente opportuni distanziatori di cui al punto 6.15.2;
- adozione di tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante il getto.

Nel caso di gabbie assemblate con parziale saldatura, la stessa, se eseguita in cantiere, deve essere autorizzata dalle FERROVIE dietro preventiva presentazione di un'idonea procedura di lavoro che esplichi le modalità di esecuzione, i materiali e le attrezzature, nonché le qualifiche dei saldatori.

In questo caso l'ESECUTORE deve effettuare prelievi di barre con elementi di staffa saldati da sottoporre a prove di trazione e di resistenza al distacco presso laboratori di cui al punto 6.5, allo scopo di verificare anche che la saldatura non abbia provocato una riduzione di resistenza nelle barre.

Nel corso dei lavori le FERROVIE possono comunque richiedere ulteriori prove di controllo sulle saldature eseguite.

Nel caso d'impiego di manicotti filettati per la giunzione delle barre, l'ESECUTORE deve consegnare preventivamente alle FERROVIE, per accettazione, le schede tecniche dei prodotti che intende utilizzare.

Devono essere eseguiti i controlli previsti per le forniture di acciaio indicati al capitolo 6.14 della presente sezione di Capitolato.

In fase di posa e messa in opera deve essere eseguito prima del getto, il controllo, da parte delle FERROVIE, della conformità ai disegni e alle specifiche relativamente a:

- dimensioni e sagome delle barre;
- posizionamento e regolarità delle maglie;
- valore delle sovrapposizioni;
- legature e distanziatori (secondo quanto indicato al punto 6.15.2);
- maglia o terminale di messa a terra (se previsto);
- il controllo della pulizia dei ferri e degli eventuali inserti.

Le tolleranze relativamente alle armature da cemento armato sono indicate nel par. 6.19.

6.15.4 POSA IN OPERA DEL CALCESTRUZZO

6.15.4.1 Attività preliminari alla fase di getto

L'ESECUTORE è tenuto a presentare alle FERROVIE, nei modi e nei tempi previsti dal Contratto, un programma dei getti che saranno eseguiti nella settimana lavorativa successiva, con indicazione di:

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- data e ora di esecuzione del getto;
- ubicazione del getto (opera e parte d'opera);
- classe di resistenza del conglomerato cementizio, in accordo a quanto previsto dal progetto;
- metri cubi di calcestruzzo previsti;
- impianto di betonaggio di provenienza;
- riferimenti alla specifica documentazione di controllo approvata dalle FERROVIE.

Ogni variazione al programma deve essere comunicata (salvo casi dovuti a motivi di sicurezza), in forma scritta, con un preavviso minimo di 1 giorno.

Inoltre l'ESECUTORE deve prevedere l'elaborazione di una specifica di stagionatura delle opere/parti d'opera da realizzare; tale specifica deve essere trasmessa per informazione alle FERROVIE.

6.15.4.2 Esecuzione dei getti

L'ESECUTORE può iniziare le attività di getto solo dopo che le FERROVIE abbiano eseguito la verifica di conformità relativamente a piani di posa, casseforme, armatura, copriferro, inserti e quant'altro previsto dal progetto approvato. Al momento della messa in opera del conglomerato è obbligatoria la presenza di un responsabile tecnico dell'ESECUTORE.

Nel caso di getti contro terra l'ESECUTORE deve controllare che siano state eseguite, in conformità alle disposizioni di progetto e/o alle disposizioni delle FERROVIE:

- la pulizia delle superfici a contatto con il getto;
- la verifica del posizionamento di eventuali drenaggi, nonché la predisposizione dei mezzi per allontanamento/aggottamento delle eventuali acque d'infiltrazione;
- la stesa di materiale isolante o di collegamento.

Resta inteso che l'ESECUTORE deve provvedere al ripristino di eventuali cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento.

L'ESECUTORE deve accertarsi che lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme avvenga con tutti gli accorgimenti atti a evitarne la segregazione. L'altezza massima di caduta libera del calcestruzzo fresco, misurata dall'uscita dello scivolo o della bocca del tubo convogliatore, è pari a 100 cm.

Il calcestruzzo deve essere posto in opera e vibrato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee, perfettamente regolari, senza vespai o nidi di ghiaia ed esenti da macchie o chiazze.

Se non sia altrimenti stabilito in progetto, il calcestruzzo deve essere vibrato con un numero di vibratori a immersione o a parete determinato, prima di ciascuna operazione di getto, in relazione alla classe di consistenza del calcestruzzo, alle caratteristiche dei vibratori e alla dimensione del getto stesso; la durata della vibrazione è determinata dal tempo intercorso dall'immersione totale del vibratore fino all'affioramento in superficie della boiacca. Per omogeneizzare la massa durante il costipamento di uno strato i vibratori a immersione devono penetrare per almeno 5 cm nello strato inferiore.

Deve essere garantita la continuità del funzionamento delle attrezzature, anche mediante apparecchiature di riserva allo scopo di evitare rallentamenti e/o interruzioni delle operazioni di costipamento.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Per getti in pendenza devono essere predisposti dei cordolini di arresto che evitino la formazione di lingue di calcestruzzo troppo sottili per essere vibrate efficacemente.

La posa in opera deve essere eseguita mediante tubi-getto di ferro costituiti da segmenti di diametro fino a 25-30 cm e lunghezza fino a 3 m, aventi nella parte superiore una tramoggia a imbuto per il calcestruzzo. La bocca inferiore del tubo così realizzato deve restare costantemente sotto il livello del calcestruzzo già gettato, in modo da favorirne la risalita. Per i getti di pali e micropali e per quelli di paratie di pali e diaframmi si rimanda alle prescrizioni indicate rispettivamente nelle sezioni 7 e 8 del capitolato.

L'ESECUTORE, nel caso di riprese di getto, previste da progetto o concordate con le FERROVIE, al fine di assicurare un'adeguata continuità sia tra elementi strutturali contigui che tra parti di uno stesso elemento strutturale realizzate in tempi differenti, deve rispettare le prescrizioni di seguito riportate.

1. *Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo fresco*

L'ESECUTORE deve accertare in fase di qualifica che le caratteristiche della miscela possiedano requisiti tali da rendere compatibili i due getti, tenendo presente il tempo necessario per il ricoprimento del primo getto, il mantenimento della lavorabilità nel tempo, il tempo di presa del calcestruzzo già gettato. All'atto del getto dello strato successivo, la consistenza dello strato di primo getto deve essere almeno tale da permettere la penetrazione della vibrazione per uno spessore di qualche centimetro.

Per ottenere questi risultati l'ESECUTORE deve fare uso di additivi ritardanti, in modo da garantire tempi massimi per le interruzioni senza compromettere le caratteristiche di monolicità.

2. Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo indurito

L'ESECUTORE deve predisporre una superficie di ripresa, realizzando una scarifica meccanica del calcestruzzo indurito, procedendo, prima del nuovo getto, al lavaggio della superficie di ripresa con acqua in pressione in modo da eliminare la malta e lasciare esposto l'aggregato grosso.

L'eventuale utilizzo di prodotti filmogeni antievaporanti deve rispondere alla norma UNI 8656. L'ESECUTORE deve sottoporre all'approvazione delle FERROVIE la documentazione tecnica sul prodotto e sulle modalità di applicazione, deve accertarsi che il materiale impiegato sia compatibile con prodotti di successive lavorazioni (ad esempio con il primer di adesione di guaine per impermeabilizzazione di solette); viceversa, prima di eseguire il successivo getto, si deve ravvivare la superficie.

Per strutture sotto falda e, comunque, ogni volta che sia prescritto dal progetto e/o richiesto dalle FERROVIE, dopo aver reso scabra la superficie di ripresa, l'ESECUTORE deve posare una malta o un betoncino di collegamento con caratteristiche, preliminarmente verificate e approvate dalle FERROVIE in qualifica, di tenuta all'acqua e di ritiro compensato e realizzare il nuovo getto sulla malta ancora fresca.

L'ESECUTORE deve verificare che tra le successive riprese di getto non vi siano distacchi, discontinuità o differenze di aspetto e colore; in caso contrario deve applicare adeguati trattamenti superficiali concordati con le FERROVIE.

3. Getti in clima freddo

Conformemente a quanto indicato al punto 6.8.7 l'ESECUTORE deve verificare che la temperatura del calcestruzzo fresco al momento della consegna non sia minore di 5 °C. In condizioni di temperatura ambientale inferiore il getto può essere eseguito dietro il rispetto delle seguenti prescrizioni:

- nel caso in cui la temperatura dell'aria sia compresa fra 0° C e 5° C, la produzione e la posa in opera del conglomerato cementizio devono essere sospese, a meno che non sia garantita una temperatura dell'impasto durante la fase di getto non inferiore a 10°C; l'ESECUTORE può ottenere il rispetto di tale limite di temperatura anche mediante un adeguato sistema di preriscaldamento degli inerti e/o dell'acqua

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

d'impasto all'impianto di betonaggio, con l'avvertenza che la temperatura raggiunta dall'impasto non sia superiore a 25° C.

- per temperature comprese fra -4° C e 0° C l'ESECUTORE può eseguire esclusivamente getti relativi a fondazioni, pali e diaframmi, ferme restando le condizioni dell'impasto di cui al punto precedente.
- salvo specifiche prescrizioni di progetto, da sottoporre comunque a preventiva approvazione del FERROVIE, non si deve procedere all'esecuzione di getti quando la temperatura dell'aria esterna è inferiore a –4° C.

L'ESECUTORE deve inoltre adottare le seguenti ulteriori precauzioni:

- eseguire opportune protezioni dei getti, concordate preventivamente con le FERROVIE, per permettere l'avvio della presa ed evitare la dispersione del calore di idratazione;
- eseguire una valutazione del tempo necessario al mantenimento delle cassaforme in relazione all'effettivo valore di temperatura ambientale;
- scegliere, per il getto, le ore più calde della giornata;
- in caso di presenza di neve e/o ghiaccio, prima del getto si deve accertarne l'avvenuta rimozione dai casseri, dalle armature e dal sottofondo.

4. Getti in clima caldo

Conformemente a quanto indicato al punto 6.8.7, l'ESECUTORE deve verificare che la temperatura dell'impasto fresco, misurata all'arrivo in cantiere, non deve eccedere i 30°C; tale limite può essere superato qualora all'atto della qualifica della miscela sia stata prevista l'idoneità anche per temperature dell'ambiente superiori, mediante l'utilizzo di appositi additivi - come indicato al punto 6.12.2 - al fine di garantire il mantenimento dei tempi di presa e della classe di consistenza di progetto.

La temperatura delle casseforme metalliche, se maggiore di 30°C, deve essere ricondotta a tale valore con tolleranza di 5°C mediante preventivi getti esterni di acqua fredda.

Per realizzare una miscela di calcestruzzo entro i limiti di temperatura sopra indicati l'ESECUTORE deve procedere al raffreddamento degli aggregati stoccati con getti di acqua fredda di cui si deve evitare il ristagno, prevedendo un adeguato drenaggio, già in fase di qualifica, tenendo conto nel dosaggio della miscela dell'eventuale assorbimento di acqua negli aggregati.

Riguardo al mantenimento della classe di consistenza del calcestruzzo si deve fare riferimento a quanto indicato ai punti 6.7.5 e 6.8 in funzione del tipo di calcestruzzo come definito al punto 6.9.

L'ESECUTORE per i getti in clima caldo, asciutto e ventilato deve:

- eseguire i getti al mattino, alla sera o di notte;
- impiegare cementi a basso calore d'idratazione;
- impiegare additivi superfluidificanti per il mantenimento della lavorabilità;
- a fine getto mantenere bagnate le superfici del calcestruzzo per almeno due giorni.

6.15.4.3 Controllo termico del calcestruzzo

Conformemente a quanto indicato al punto 6.10.3, l'ESECUTORE deve eseguire il controllo termico dei getti in corso d'opera secondo le modalità di seguito indicate.

Calcestruzzi di tipo C1 (tabella 6.9.1)

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

L'ESECUTORE deve predisporre idonea strumentazione (termocoppie) al fine di:

- verificare che, sul primo manufatto/parte d'opera/getto realizzato con miscela omogenea, risulti: $\Delta T1max < 40°C$ (differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura considerata);
- definire, per ogni condizione di temperatura ambiente, i tempi di casseratura in modo che risulti: $\Delta T2max < 20°C$ (differenza tra la massima temperatura registrata con la sonda posizionata all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero e la temperatura ambiente).

Calcestruzzi di tipo C2 (tabella 6.9.1)

L'ESECUTORE deve predisporre idonea strumentazione (termocoppie) al fine di:

- verificare che, sul primo manufatto/parte d'opera/getto realizzato con miscela omogenea, risulti: $\Delta T1max < 50°C$ (differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura considerata);
- definire, per ogni condizione di temperatura ambiente, modalità e tempi di casseratura in modo che, fino alla rimozione dei casseri, siano verificate entrambe le seguenti condizioni: $\Delta T2max < 20°C$ (differenza tra la massima temperatura registrata con la sonda posizionata all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero e la temperatura ambiente) e $\Delta T3max \leq 20°C$ (differenza tra la temperatura del nucleo e la massima temperatura all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero).

Qualora si rendesse necessario, in mancanza di specifiche indicazioni progettuali, l'ESECUTORE deve sottoporre ad approvazione delle FERROVIE particolari accorgimenti da adottare per il rispetto delle suddette condizioni di temperatura (es. serpentine di raffreddamento o altro sistema).

Calcestruzzi di tipo F1 ed F2 (tabella 6.9.1)

L'ESECUTORE deve predisporre idonea strumentazione (termocoppie) al fine di verificare che sul primo manufatto/parte d'opera/getto realizzato con miscela omogenea, risulti: $\Delta T1max < 40°C$ (differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura considerata).

Calcestruzzi di tipo F3 (tabella 6.9.1)

L'ESECUTORE deve predisporre idonea strumentazione (termocoppie) al fine di:

- verificare che sul primo manufatto/parte d'opera/getto realizzato con miscela omogenea, risulti: $\Delta T1max < 35°C$ (differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura considerata);
- definire, per ogni condizione di temperatura ambiente, modalità e tempi di casseratura in modo che, fino alla rimozione dei casseri, siano verificate entrambe le seguenti condizioni: $\Delta T2max < 20°C$ (differenza tra la massima temperatura registrata con la sonda posizionata all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero e la temperatura ambiente) e $\Delta T3max \leq 20°C$ (differenza tra la temperatura del nucleo e la massima temperatura all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero).

Qualora si rendesse necessario, in mancanza di specifiche indicazioni progettuali, l'ESECUTORE deve sottoporre ad approvazione del FERROVIE particolari accorgimenti per il rispetto delle suddette condizioni di temperatura (es. serpentine di raffreddamento o altro sistema).

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

6.15.5 STAGIONATURA DEL CALCESTRUZZO

L'ESECUTORE deve verificare che i metodi e la durata della stagionatura siano conformi a quanto stabilito dal progetto approvato, in modo da garantire:

a) la prescritta resistenza;

b) l'assenza di fessure o cavillature in conseguenza del ritiro per rapida essiccazione delle superfici di getto o per sviluppo di elevati gradienti termici all'interno della struttura.

L'ESECUTORE deve quindi prevedere per il periodo di stagionatura adeguati sistemi di protezione al fine di garantire al calcestruzzo il raggiungimento delle migliori caratteristiche sia al suo interno che in superficie.

Le protezioni messe in atto dall'ESECUTORE hanno lo scopo di impedire o quantomeno ridurre sensibilmente:

- l'essiccazione della superficie del calcestruzzo, evitando la minore idratazione del cemento che, in corrispondenza della zona del copriferro, è fonte di potenziale permeabilità di sostanze esterne;
- il rischio di fessurazione per effetto del ritiro igrometrico che comporta un'accelerata carbonatazione dello strato di copriferro cui può corrispondere un rischio di corrosione delle armature e comunque una minore resistenza meccanica locale;
- nel caso di basse temperature (punto 6.15.4.2.) il congelamento dell'acqua d'impasto e il rapido raffreddamento del getto, dovuti alla differenza di temperatura tra il manufatto e l'ambiente e quindi possibili cause di generazione di stati fessurativi.

La durata di una corretta stagionatura può essere ricondotta allo sviluppo della resistenza del calcestruzzo. A questo riguardo l'ESECUTORE può fare riferimento alla tabella 16 della norma UNI EN 206 in cui è indicata una classificazione in funzione del rapporto tra la resistenza media a compressione a 2 gg e quella a 28 gg, da intendersi determinato sulla base dei risultati di qualifica della miscela. A questo riguardo, sulla base dei medesimi dati di qualifica, l'ESECUTORE determinerà un tempo minimo per le operazioni di scassero (esulante dalle comunque prioritarie considerazioni di natura statica), analizzando, tra gli altri parametri, la curva di sviluppo della resistenza in funzione del tempo.

I metodi di stagionatura previsti dall'ESECUTORE devono essere preventivamente sottoposti all'esame delle FERROVIE che può richiedere apposite verifiche sperimentali.

Nel caso si prevedano nelle 24 ore successive al getto temperature dell'aria minori di 5°C o maggiori di 35°C l'ESECUTORE deve utilizzare esclusivamente casseri in legno o coibentati sull'intera superficie del getto ed eventualmente teli isolanti.

I materiali coibenti di cui l'ESECUTORE può fare utilizzo sono:

- fogli di polistirolo o poliuretano espanso, tagliati e fissati ai casseri;
- fogli di lana di roccia ricoperti da fodere di polietilene;
- fogli di schiuma vinilica;
- schiume poliuretaniche spruzzate sull'esterno della cassaforma.

Per un più efficace utilizzo, tali materiali devono essere sempre protetti dall'umidità con teloni impermeabili.

Si deve provvedere al mantenimento del corretto grado di umidità delle superfici per almeno le prime 48 ore dopo il getto, mediante utilizzo di prodotti filmogeni di cui al punto 6.15.4.2 applicati a spruzzo, ovvero mediante continua bagnatura con serie di spruzzatori d'acqua o con altri idonei sistemi.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Per la verifica della corretta e migliore stagionatura le FERROVIE potranno richiedere all'ESECUTORE l'utilizzo di apposite termocoppie in grado di rilevare la temperatura del calcestruzzo in prestabilite differenti parti della struttura (nucleo, periferia, copriferro interno), secondo le indicazioni del precedente punto 6.15.4.3.

L'ESECUTORE durante il periodo di stagionatura deve evitare che i getti subiscano urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

6.15.6 OPERAZIONI DI DISARMO

L'ESECUTORE può procedere alla rimozione delle casseforme quando siano stati raggiunti i tempi di maturazione preventivamente determinati in funzione della minima resistenza ottenuta per la struttura e dal sufficiente grado d'idratazione raggiunto dal calcestruzzo, o secondo quanto indicato nel progetto approvato.

Eventuali elementi metallici, quali chiodi o reggette, che dovessero sporgere dai getti, devono essere tagliati almeno 1 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti accuratamente sigillati con malta fine di cemento ad alta adesione.

6.15.7 CARATTERISTICHE SUPERFICIALI DEI GETTI

Per le superfici a faccia-vista, affinché il colore superficiale del calcestruzzo risulti il più possibile uniforme, l'ESECUTORE deve verificare e garantire che il cemento utilizzato in ciascuna opera provenga dallo stesso cementificio e sia dello stesso tipo e classe, che la sabbia provenga dalla stessa cava e abbia granulometria e composizione costante nel tempo.

Analogamente l'ESECUTORE deve garantire per le singole parti un medesimo trattamento di stagionatura, curando che l'essiccamento della massa del calcestruzzo sia lento e uniforme e il calcestruzzo risulti privo di efflorescenze; qualora queste ultime apparissero, sarà onere dell'ESECUTORE procedere alla tempestiva eliminazione mediante spazzolatura.

L'ESECUTORE deve evitare l'insorgenza di macchie di ruggine sulle superfici finite di calcestruzzo causabili dalla presenza temporanea dei ferri di ripresa scoperti e a diretto contatto con l'acqua piovana.

Nessun ripristino può essere eseguito dopo il disarmo del calcestruzzo senza il preventivo benestare delle FERROVIE, che deve autorizzare i materiali e la metodologia d'intervento proposti dall'ESECUTORE sulla base della causa e della tipologia del difetto. A questo riguardo l'ESECUTORE deve rispettare le indicazioni contenute nelle norme UNI EN 1504.

6.16 ELEMENTI PRECOMPRESSI

6.16.1 POSIZIONAMENTO DELLE ARMATURE DI PRECOMPRESSIONE

L'ESECUTORE deve attenersi rigorosamente alle disposizioni contenute nel progetto approvato, in particolare per quanto riguarda:

- il tipo, il tracciato, la sezione dei singoli cavi;
- i dispositivi speciali come ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa, ecc.;
- le fasi di applicazione della precompressione;
- la messa in tensione (da uno o da entrambi gli estremi);
- le eventuali operazioni di ritaratura delle tensioni.

Fatte salve indicazioni di progetto al riguardo, al fine di preservare le armature metalliche delle strutture in cemento armato precompresso dall'azione corrosiva delle correnti vaganti, l'ESECUTORE è tenuto a

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

collegare tutti i ferri delle armature di precompressione tra loro nelle testate delle strutture mediante un conduttore di acciaio collegato ad un terminale da realizzare con un tondino di ferro dolce del diametro di 24 mm e sporgente dalla struttura per una lunghezza non inferiore a 20 cm.

Qualora tale procedimento non fosse possibile e, per motivi di sicurezza inerenti l'integrità delle armature di precompressione, sia prevista da progetto l'adozione di tecniche d'isolamento alternative, l'ESECUTORE deve verificare che i prodotti indicati siano idonei allo scopo e abbiano ottenuto l'approvazione del FERROVIE.

L'ESECUTORE, relativamente alla conformità dei manufatti in conglomerato cementizio armato precompresso, oltre a rispettare le prescrizioni di progetto, deve verificare quanto indicato nel par.6.19 circa le tolleranze costruttive.

6.16.2 TESATURA DEI CAVI DI PRECOMPRESSIONE

L'ESECUTORE deve effettuare i controlli di conformità alle specifiche di progetto secondo i seguenti punti:

a) Preliminarmente alla messa in opera

L'ESECUTORE, prima delle operazioni di messa in tensione, deve redigere una relazione tecnica in cui dettagliare le modalità di applicazione della precompressione da trasmettere per approvazione alle FERROVIE.

I cavi d'armatura e i dispositivi speciali devono essere forniti di documentazione riportante:

- la provenienza e l'identificazione del lotto;
- l'idoneità del materiale;
- le certificazioni delle caratteristiche dei materiali.

b) Al momento del posizionamento

L'ESECUTORE deve verificare la conformità:

- del tipo e della geometria di ogni singolo cavo;
- dei dispositivi speciali (ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa);
- dell'avvenuta predisposizione dei tubi di sfiato per le guaine secondo le indicazioni di progetto.

c) *Al momento della messa in tensione dei cavi*

L'ESECUTORE deve verificare che:

- la messa in tensione delle armature avvenga con apparecchiature corredate di certificazioni di taratura del dispositivo completo (martinetto+centralina); si devono utilizzare martinetti monotrefolo dotati di dispositivo che impedisca la rotazione del trefolo durante le fasi di tesatura;
- le operazioni di tesatura e delle eventuali ritesature delle armature siano registrate in specifica documentazione di controllo riportante i valori dei tassi di precompressione e degli allungamenti totali o parziali di ogni cavo.

d) *Controlli sul lavoro finito*

Le FERROVIE, nel caso in cui non abbiano avuto garanzia della perfetta riuscita dell'intasamento delle guaine, potranno richiedere all'ESECUTORE l'effettuazione di prove di tipo endoscopico su almeno il 20% dei cavi di precompressione e in almeno 3 punti per ogni cavo (estremità e mezzeria nel caso di travi appoggiate, comunque in relazione all'andamento del tracciato).

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

In caso di esito negativo delle suddette prove, si procederà all'estensione del controllo secondo insindacabile giudizio delle FERROVIE.

6.16.3 DISPOSITIVI DI ANCORAGGIO

L'ESECUTORE deve verificare che i dispositivi di ancoraggio di estremità da impiegarsi per la precompressione a cavi scorrevoli (post-tensione) siano del tipo pressofuso e monoblocco. Tali dispositivi ai sensi del DM 14/01/08 – p. 11.5 e dalla Circolare 617 C.S.LL.PP. 02/02/09 – p.11.5.1 devono essere dotati di marchio CE in conformità a specifico Benestare Tecnico Europeo, ovvero, mediante certificazione di idoneità tecnica a valenza esclusivamente nazionale, rilasciata dal S.T.C. del Ministero delle Infrastrutture.

Per le modalità di utilizzo di tali dispositivi (geometrie, dimensioni, distanze mutue e dal bordo della carpenteria, frettaggio, armature di dettaglio, etc.) l'ESECUTORE deve rispettare quanto riportato nei certificati di omologazione depositati.

6.16.4 GUAINE ED INIEZIONI DI MALTA

Per le caratteristiche delle guaine di acciaio, se previste in progetto, l'ESECUTORE deve fare riferimento ai requisiti minimi indicati nella norma UNI EN 523 – prospetto 1.

Per le guaine di plastica (pvc) della post-precompressione interna e aderente l'ESECUTORE deve rispettare le prescrizioni riportate nel Fib Bulletin 7 dal titolo "Guaine corrugate plastiche per post-tensione interna aderente (Corrugated plastic ducts for internal bonded post-tensioning") del Gennaio 2000.

Nelle strutture in cemento armato precompresso con cavi scorrevoli, allo scopo di assicurare l'aderenza e soprattutto proteggere i cavi dalla corrosione, l'ESECUTORE deve iniettare le guaine utilizzando una pasta di cemento fluida, a ritiro compensato e con adeguata resistenza meccanica, costituita da cemento, additivi ed acqua, non contenente cloruri o agenti che provochino espansione con formazione di gas aggressivi.

Eventuali additivi da impiegare per le malte devono rispondere ai requisiti della norma UNI EN 934-4.

L'ESECUTORE deve procedere, prima dell'impiego, alle prove di qualificazione della malta cementizia che intende utilizzare e ottenerne l'approvazione da parte delle FERROVIE.

Caratteristiche della miscela fluida e relativi controlli

Per la qualificazione della pasta cementizia l'ESECUTORE deve eseguire oltre alle prove atte a determinare il soddisfacimento dei requisiti di base definiti dalla UNI-EN 447, utilizzando i metodi di prova definiti dalla UNI EN 445, anche i seguenti accertamenti:

- qualificazione delle materie costituenti la miscela, secondo le prescrizioni e modalità indicate nella sezione relativa alla qualificazione del calcestruzzo;
- verifica dell'assenza di cloruri, polvere di alluminio, coke o altri agenti che provocano espansione mediante formazione di gas;
- determinazione della massa volumica della miscela fresca che deve risultare $\geq 1{,}85$ t/m^3;
- verifica dell'essudazione che non dovrà essere superiore al 2% del volume iniziale della miscela;
- determinazione dell'espansione, misurata in acqua dopo 2 giorni, che deve essere superiore al 4%;
- misurazione del tempo di inizio presa a 30 °C, misurato secondo la Norma UNI-EN 196/3, che deve essere superiore a tre ore ed il tempo di fine presa che deve essere inferiore a 6 ore, ad umidità relativa del 75%.

L'ESECUTORE effettuerà le prove suddette presso un laboratorio di cui al punto 6.5 della presente sezione di Capitolato.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Modalità di preparazione e iniezione

L'ESECUTORE deve verificare prima della fase di iniezione che:

- l'impastatrice sia del tipo ad alta velocità con almeno 1500-2000 giri/min. E' vietato l'impasto a mano, e il tempo di mescolamento è fissato di volta in volta in base ai valori del cono di Marsh;
- prima della fase d'iniezione la miscela sia vagliata con setaccio avente maglia di 2 mm di lato; il trattenuto deve essere scartato;
- nel caso d'iniezione con pompa sia prescritta la presenza di tubi di sfiato in corrispondenza di tutti i punti più elevati di ciascun cavo, comprese le trombette e i cavi terminali. I tubi di sfiato devono essere presenti anche nei punti più bassi dei cavi lunghi e con forte dislivello;
- nel caso d'iniezione sottovuoto questa sia eseguita utilizzando un'apposita attrezzatura aspirante in grado di creare e mantenere, con la valvola di ingresso chiusa, una depressione di almeno 25 kPa nella guaina da iniettare per almeno 1 minuto. Inoltre si richiede che:
    - la pompa aspirante abbia una portata nominale di almeno 30 m^3/h e sia accoppiata a un'idonea attrezzatura equipaggiata da contalitri per la misura del volume della guaina da iniettare;
    - l'iniezione possa essere eseguita solo dopo aver misurato il volume della guaina e verificato la possibilità di mantenere stabilmente nella medesima la depressione prescritta.

Durante l'iniezione l'ESECUTORE deve verificare che:

- le iniezioni siano eseguite entro 15 gg dalla messa in tensione delle armature di precompressione;
- le condizioni climatiche (temperatura e presenza di gelo) siano tali da assicurare che la temperatura della struttura sia inferiore a 5°C nelle 48 ore seguenti all'iniezione, e comunque garantendo l'utilizzo di apposita malta antigelo con tenore di 6-10% di aria occlusa;
- non vi siano possibilità d'infiltrazioni di aria nella guaina all'atto dell'immissione della pasta e per tutto il tempo dell'iniezione; gli eventuali punti d'infiltrazione devono essere individuati e sigillati;
- la pompa venga mantenuta in funzione fin quando la pasta non fuoriesce dal lato opposto della guaina in quantità almeno pari al volume equivalente a 50 cm di guaina, in modo da assicurare la completa rimozione di eventuali emulsioni protettive del cavo;
- la depressione nella guaina non superi i 35 kPa;
- il volume di pasta iniettata sia pressoché uguale al volume della guaina;
- quando la pasta fuoriesce dal lato opposto, si provveda a chiudere con una valvola il condotto di fuoriuscita e si prosegua a pompare fino a raggiungere la pressione di 500 kPa che deve essere mantenuta senza pompare per almeno 1 minuto;
- l'iniezione sia continua e non venga assolutamente interrotta. Nel caso d'interruzione superiore a 5 minuti il cavo venga lavato e l'iniezione ripresa dall'inizio;
- provveda con appositi contenitori, affinché la miscela di sfrido non venga scaricata sull'opera o attorno ad essa;
- durante le fasi di iniezione delle guaine, sia eseguita la misura del rapporto a/c e della fluidità sulla pasta cementizia in uscita ed in entrata per ogni impasto;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- l'iniezione continui finché la fluidità della pasta cementizia in uscita non sia analoga a quella della pasta cementizia in entrata con una tolleranza di ± 4 secondi;
- nel caso d'interruzione di iniezione, sia controllato che il tempo intercorso fino alla ripresa delle operazioni rimanga inferiore a 5 minuti, annotando gli orari di interruzione e di ripresa.

6.17 ELEMENTI PREFABBRICATI

Per quanto riguarda il trasporto, la movimentazione e le tecniche di messa in opera degli elementi e del complesso strutturale, l'ESECUTORE dovrà fare riferimento ai documenti di progetto i quali dovranno contenere tutte le indicazioni del caso, come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni - DM 14/1/2008, nel rispetto delle responsabilità e competenze delle diverse figure professionali stabilite dalle stesse norme.

Come prescritto al par. 11.8.1 del DM, gli elementi costruttivi di produzione occasionale (ad esempio quelli realizzati in impianti temporanei di prefabbricazione esterni al cantiere o allestiti a piè d'opera) devono comunque essere realizzati attraverso processi sottoposti a un sistema di controllo della produzione, secondo quanto indicato ai paragrafi 11.8.2, 11.8.3, 11.8.4 (per quanto esplicitamente applicabile al campo della produzione occasionale) della citata norma.

Per le definizioni e le caratteristiche di conformità degli elementi prefabbricati prodotti in serie dichiarata e controllata si rimanda al par. 4.1.10 del DM.

L'ESECUTORE dovrà far pervenire alle FERROVIE, all'atto della fornitura, i documenti di accompagno previsti al par. 11.8.5 del DM., in particolare le FERROVIE controlleranno che gli ambiti di competenza di ciascuna figura professionale richiamata nel citato decreto siano stati rispettati.

In caso di prodotti per i quali sia prescritta la marcatura CE, l'ESECUTORE dovrà consegnare alle FERROVIE, all'atto della fornitura, tutta la documentazione inerente la marcatura CE dei manufatti.

6.17.1 CONTROLLI IN FASE DI PRODUZIONE DEGLI ELEMENTI

Di seguito si riportano gli ulteriori controlli che l'ESECUTORE deve eseguire relativamente alla miscela di calcestruzzo:

Calcestruzzi di tipo A1 (tabella 6.9.1 e par 6.11)

- test di spandimento secondo norma UNI EN 12350-5 per l'accertamento visivo dell'assenza di segregazione;
- controllo del valore di Rckj misurato su provini stagionati in vasca di maturazione accelerata con lo stesso ciclo di vapore adottato per il manufatto e controllato mediante sonde di registrazione nel calcestruzzo fresco;
- controllo della resistenza caratteristica a trazione indiretta fctkj (UNI EN 12390-6);
- controllo del modulo di elasticità del calcestruzzo (UNI EN 12390-136556).

Calcestruzzi di tipo B1 e B2 (tabella 6.9.1 e punto 6.11)

- verifica del valore di Rckj allo scassero e del valore di penetrazione all'acqua (UNI EN 12390-8).

Di seguito si riportano gli ulteriori controlli che l'ESECUTORE deve eseguire relativamente al processo di produzione:

- le tolleranze sui casseri e sul posizionamento delle armature, quando non diversamente prescritto nel progetto approvato, devono essere conformi a quanto contenuto nel par 6.19;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- le operazioni di posa del calcestruzzo siano tali da consentire la necessaria compattazione con idonei strumenti e tali da escludere la possibilità di segregazione del calcestruzzo;
- in fase di stagionatura, nel caso di maturazione naturale, si devono evitare condizioni ambientali estreme, in termini di temperatura, umidità e ventilazione.

In fase di stagionatura, nel caso di maturazione accelerata mediante trattamento termico a vapore, l'ESECUTORE deve determinare, in sede di qualifica, per via sperimentale il ciclo di maturazione più idoneo al raggiungimento delle caratteristiche strutturali richieste nei tempi dettati dal ciclo produttivo dichiarato; tale piano di stagionatura deve essere approvato dalle FERROVIE.

In questa circostanza l'ESECUTORE deve inoltre:

- garantire l'ottenimento di manufatti privi di cavillature, lesioni, ed effetti pregiudizievoli nell'aderenza dell'armatura;
- controllare le temperature e i tempi di detto ciclo mediante misure in continuo nell'ambiente di stagionatura e all'interno dei provini di calcestruzzo, utilizzando sonde o apparecchiature equivalenti in grado di registrare l'andamento delle temperature nel tempo;
- verificare che il tempo di prestagionatura, alla temperatura massima di 30 °C, non sia minore di due ore;
- verificare che la velocità di riscaldamento non sia superiore a 20°C/h;
- verificare che la temperatura del punto più caldo all'interno del calcestruzzo non sia superiore a 60 °C;
- verificare che la fase di raffreddamento abbia una durata tale da garantire il raggiungimento della temperatura del manufatto a valori prossimi a quelli ambiente.

Nel caso di produzione occasionale degli elementi l'ESECUTORE deve assicurare inoltre che siano trascritti nel registro di produzione i seguenti dati:

- caratteristiche dei materiali impiegati;
- data e ora di inizio e fine getto;
- data e ora di rilascio di trecce/trefoli (per strutture pre-tese) o di tesatura dei cavi o barre (per strutture post-tese);
- tensione di tesatura delle armature di precompressione;
- per i manufatti pre-tesi allungamento a campione sul 30% di trecce/trefoli diritti e su tutti quelli eventualmente deviati;
- per i manufatti post-tesi allungamento parziale e totale di ogni cavo o barra.

In tale circostanza l'ESECUTORE deve inoltre effettuare la prova di carico su almeno i primi tre elementi prodotti a n. 3 cicli di carico, la cui entità e modalità di applicazione deve essere prevista nel documento di controllo dell'opera.

Prima di procedere allo scassero dei manufatti, e all'eventuale taglio dei trefoli nel caso di elemento precompresso, l'ESECUTORE deve accertare che sia trascorso il tempo necessario previsto dal piano di stagionatura e che il calcestruzzo abbia raggiunto la resistenza richiesta per quest'operazione, tenendo conto dell'attrito della cassaforma, delle azioni dinamiche, della posizione dei punti di sollevamento.

Nel caso di elementi prefabbricati precompressi l'ESECUTORE deve inoltre verificare che:

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- il documento di controllo riporti il dettaglio delle grandezze da misurare, che deve comprendere almeno la verifica della deformata e, per un elemento ogni 10 prodotti, il controllo dimensionale rigoroso che, salvo limitazioni più restrittive previste in progetto, deve rispettare i valori indicati nel par. 6.19;
- nel caso delle travi sia sempre misurato sia l'accorciamento assiale che le controfrecce; per un elemento ogni cinque questa misura andrà ripetuta dopo 3 giorni dalla tesatura e poi settimanalmente per tutta la fase di stoccaggio del manufatto;

6.17.2 MARCATURA E STOCCAGGIO

Ogni elemento prefabbricato deve riportare il numero di matricola, conformemente ai disegni o al catalogo di produzione, in modo da permetterne in qualsiasi momento l'identificazione.

Deve inoltre essere marcata la data di produzione e il peso dell'elemento qualora lo stesso costituisca parte strutturale dell'opera.

L'ESECUTORE deve garantire che:

- i materiali vengano posti a stoccaggio in maniera propria, evitando qualsiasi danneggiamento e la costante esposizione di una parte del manufatto a condizioni sistematicamente diverse dalla rimanente;
- sia rispettata la posizione dei punti di appoggio come da progetto, in modo da non indurre o favorire deformazioni lente e/o variazioni dimensionali tali da pregiudicare il montaggio stesso e/o un rilassamento dei cavi di precompressione non ammissibile;
- siano utilizzati appoggi per lo stoccaggio che riducano al minimo le tensioni interne per dilatazione o ritiro;
- sia indicato il tempo minimo e massimo di stoccaggio.

6.17.3 TRASPORTO E MOVIMENTAZIONE

L'ESECUTORE deve garantire che modalità e tempi di trasporto del manufatto siano tali da evitare danneggiamenti allo stesso. A tal fine si rappresenta che:

- per il calcolo delle sollecitazioni durante queste fasi, qualora non diversamente determinato, si assumerà un'azione dovuta al peso proprio maggiorato del 30% per il trasporto su strada e del 20% per il trasporto in area di cantiere;
- nel caso di trasporto su strada, le azioni indotte dalla frenatura e dalla geometria stradale non possano compromettere l'integrità degli elementi;
- prima di effettuare la movimentazione dei manufatti deve essere accertata l'idoneità in termini di minima resistenza raggiunta;
- la movimentazione dei manufatti deve avvenire esclusivamente attraverso gli appositi dispositivi di ancoraggio incorporati nel manufatto medesimo.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

6.18 CALCESTRUZZI SPECIALI

6.18.1 CALCESTRUZZO PROIETTATO

L'impiego del calcestruzzo proiettato è soggetto al rispetto delle prescrizioni contenute nelle norme EN 14487-1 ed EN 14487-2; ad esse l'ESECUTORE deve attenersi per quanto non espressamente indicato nei punti successivi della presente sezione di Capitolato.

6.18.1.1 Classificazione

E' definita una classificazione del calcestruzzo proiettato in funzione dei parametri di seguito indicati:

Classe di resistenza

In analogia con la norma UNI EN 206, le resistenze di riferimento dei calcestruzzi proiettati sono valutate su provini estratti per carotaggio in opera o da pannelli di prova e sono espresse in termini di resistenza caratteristica cilindrica con una sigla del tipo cp-fck. Per le prove le carote devono avere altezza pari al diametro; questo deve essere sempre maggiore ad almeno 3 volte la massima dimensione degli inerti di pezzatura maggiore con un minimo di 8 cm. La determinazione della classe di resistenza alla compressione monoassiale deve avvenire in conformità alla norma EN 12504-1 ed EN 13791. Per la correlazione tra le resistenze a compressione cubica e cilindrica vale la formula indicata al punto 6.13.1 cui si rimanda.

Destinazione d'uso	Sigla	Classe di resistenza a compressione minima (norma EN 206)	Classe di assorbimento energetico minima (fibrorinforzato) (norma EN 14487-1)	Classe di sviluppo della resistenza minima a compressione a breve termine (norma EN 14487-1)	Impiego
Temporaneo non strutturale	TN	C 16/20	-	-	Sottofondi – Riempimenti
		C 16/20	E 700	J1	Protezione di scarpate provvisorie
		C 16/20	E 700	J1	Protezione superficiale
Permanente non strutturale	PN	C 16/20	-	-	Riempimenti
		C 16/20	E 700	J1	Protezione di scarpate
		C 16/20	-	-	Impermeabilizzazioni
Permanente strutturale	PS	C 25/30	E 700	-	Rivestimenti di gallerie
			E 700	-	Rivestimenti armati di scarpate
			E 700	-	Strutture monoguscio – Riparazioni
Temporaneo strutturale	TS	C 25/30	E 700	J2	Rivestimenti di prima fase di gallerie
		C 25/30	E 700	J1	Protezione superficiale

Tabella 6.18.1.1: Classificazione in funzione del campo d'impiego

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Campo di impiego.

Nella tabella 6.18.1.1 sono indicate le resistenze minime richieste in termini di resistenza caratteristica cilindrica su carota, la classe di assorbimento energetico (se fibrorinforzato) e lo sviluppo della resistenza nelle prime 24 ore.

In funzione del campo d'impiego deve essere definita la classe di esposizione conformemente a quanto indicato al punto 6.8.

Sviluppo delle resistenze meccaniche del calcestruzzo giovane (fino a 24 ore).

In questo caso sono previste tre classi di sviluppo di resistenza in base al valore raggiunto dal calcestruzzo a determinate scadenze temporali come indicato nella figura seguente (norma EN 14487-1).

Energia di deformazione assorbita.

In questo caso si valuterà l'assorbimento dell'energia di deformazione secondo il procedimento indicato nella norma EN 14488-4.

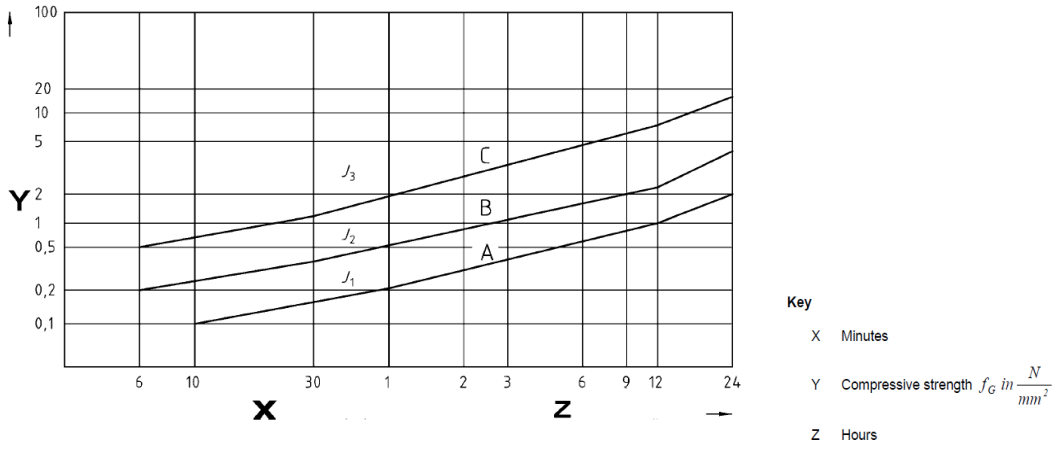


Figura 6.18.1.1 Sviluppo delle resistenze del calcestruzzo proiettato a breve termine (EN-14887-1).

6.18.1.2 Caratteristiche dei componenti

Per ciascun componente, ad esclusione degli inerti lapidei, deve essere disponibile una scheda tecnica e una scheda di sicurezza redatte in conformità alle prescrizioni della Direttiva CEE 91/155.

Cemento

Si rimanda a quanto indicato al par. 6.6.1.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Aggiunte per la miscela base

Qualora si debbano impiegare pigmenti quali aggiunte, questi non devono indurre reazioni nocive con la pasta cementizia o con gli additivi; l'efficacia e il dosaggio devono essere verificati mediante prove preliminari in condizioni analoghe a quelle operative.

L'utilizzo di fibre, sintetiche e/o metalliche, deve essere stabilito in relazione ai requisiti prestazionali e di durabilità previsti per il calcestruzzo proiettato; le specifiche di progetto devono definire il tipo di fibra, la sua forma, il dosaggio e la modalità d'immissione che deve essere tale da assicurare una distribuzione omogenea nella massa di calcestruzzo.

Su ogni singola confezione deve essere stampigliatla marcatura CE con il riferimento alla norma EN 14889-1 per le fibre metalliche ed EN 14889-2 per le fibre polimeriche, la sigla commerciale, la massa contenuta, la data e il luogo di produzione e il riconoscimento della partita al fine di individuare univocamente il materiale. La marcatura dovrà altresì riportare :

- la tipologia di fibra con la destinazione d'uso;
- materiale costituente la fibra;
- la classe (fibre polimeriche) rif EN 14889-2 o il gruppo (fibre di acciaio) rif EN 14889-1;
- la lunghezza, il diametro medio delle fibre e il rapporto di aspetto;
- la resistenza a trazione ed il modulo elastico delle fibre;
- gli effetti sulla lavorabilità in funzione del contenuto di fibre;
- gli effetti sulla resistenza in funzione del contenuto di fibre;

Dovrà essere fornita la documentazione tecnica a supporto dei valori riportati sulla marchiatura CE.

a) *Fibre metalliche*

Il dosaggio e il caricamento delle fibre devono avvenire per mezzo di un impianto automatico, provvisto di sbrogliatore nel caso di fibre sciolte, collegato al computer della centrale di betonaggio in grado di permettere la stampa in automatico di ogni singolo carico sulla bolla di consegna. Per la determinazione del contenuto di fibre nella miscela si deve fare riferimento al procedimento indicato nella norma EN 14488-7.

b) *Fibre sintetiche*

Possono essere usate fibre sintetiche, anche in aggiunta alle fibre metalliche.

Per la determinazione del contenuto di fibre nella miscela si deve fare riferimento al procedimento indicato nella norma EN 14488-7.

Aggregati

La dimensione massima dei granuli deve essere scelta in funzione del tipo di applicazione.

Per i calcestruzzi proiettati di classe TN o PN può essere utilizzata la gunite (miscela con aggregati aventi D_{max} = 4 mm).

Per le altre classi (Permanente strutturale e Temporaneo strutturale) la miscela deve essere realizzata con inerti aventi un diametro massimo nominale, D_{max} , non maggiore di 10 mm. Essi devono inoltre rispondere ai requisiti richiamati al par. 6.6.3 e la fornitura deve essere costituita da almeno due classi granulometriche separate.

Acqua

Si rimanda a quanto indicato al par. 6.6.4

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Additivi per la miscela base

I riferimenti normativi sono indicati al punto 6.6.5 al quale si rimanda.

Quando si prevede l'utilizzo di additivi particolari quali inibitori temporanei di presa o coadiuvanti di pompaggio, l'efficacia ed il dosaggio di questi deve essere determinato mediante prove preliminari in condizioni analoghe a quelle operative.

Additivi acceleranti di presa e/o indurimento per la proiezione

L'eventuale impiego deve essere limitato ad un dosaggio non maggiore del 12% per additivi acceleranti alcalini mentre per additivi acceleranti "alkali free" il dosaggio massimo è pari al 8% in massa sul contenuto di cemento, garantendo un valore per la resistenza a compressione, a 28 giorni, maggiore o uguale alla minima richiesta dal progetto, nonché al 75% di quella misurata sui provini di calcestruzzo di riferimento.

L'eventuale calo di resistenza indotto dall'additivo non deve pregiudicare il mantenimento delle prescritte resistenze minime a compressione nel tempo e, nel caso di calcestruzzo proiettato temporaneo, con garanzia a 180 giorni dalla proiezione.

L'efficacia e il dosaggio di tali additivi devono essere determinati mediante prove preliminari in condizioni analoghe a quelle operative.

L'additivo deve avere un contenuto in alcali equivalente ($Na_20+0,65K_20$) minore dell'1 % in massa e un contenuto di cloruri inferiore al 0.1%.

Nei calcestruzzi proiettati esposti ad attacco solfatico la quantità totale di alluminati contenuti negli additivi acceleranti di presa (espressi come Al_2O_3) deve essere minore dello 0,6% in massa del contenuto di cemento. Nel caso di acceleranti privi di alcali tale limite può essere incrementato a 1%.

Gli acceleranti non devono contenere più dell'1% di solfati (espressi come SO_3) sulla massa del cemento, mentre la quantità totale di solfati nella massa del calcestruzzo deve essere minore di 4,5%.

Gli acceleranti non alcalini devono avere un contenuto in massa di alcali inferiore al 1%.

6.18.1.3 Produzione

Campo prova

Per i calcestruzzi proiettati di tipo strutturale permanente e per quelli eseguiti come rivestimento di prima fase delle gallerie, deve essere condotta una preliminare sperimentazione in condizioni analoghe a quelle della prevista applicazione allo scopo di definire il mix ottimale con particolare riguardo alle caratteristiche ed ai dosaggi di aggiunte e additivi, nonché le modalità di proiezione.

L'ESECUTORE deve orientare lo studio di qualifica verso la scelta di una miscela in grado di raggiungere i valori di resistenza indicati nel progetto, tenendo anche conto della necessità operativa di ottenere uno sviluppo rapido della resistenza nel breve periodo nel rispetto delle classi di resistenza a breve termine esplicitate nella norma EN 14487-1.

Per quanto riguarda la resistenza a compressione, le prove devono essere condotte su carote prelevate in sito e da cassette. Per queste ultime il prelievo deve comprendere campioni di calcestruzzo ottenuti sia parallelamente che ortogonalmente alla direzione di getto.

Per i calcestruzzi fibrorinforzati dovranno essere effettuate anche prove per la determinazione della classe di assorbimento energetico con le modalità riportate nella norma EN 14488-4.

Preparazione dei pannelli di prova

Per la preparazione dei pannelli si devono utilizzare casseforme di acciaio o di analogo materiale rigido non

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

assorbente.

Le dimensioni minime della cassaforma sono 60x60x15 cm con inclinazione delle pareti di 45° circa. Le casseforme durante la proiezione devono essere appoggiate possibilmente sulla parete da rivestire, con inclinazione massima di 20° sulla verticale, e riempite con la medesima attrezzatura, tecnica di proiezione, spessore unitario per passata e distanza di proiezione adottate durante il normale lavoro.

Le casseforme di prova riempite devono essere conservate nelle stesse condizioni ambientali delle pareti rivestite e devono essere siglate per la successiva identificazione (mix, luogo di proiezione, data, nome dell'operatore).

Le casseforme non devono essere movimentate per almeno 16 ore dopo la proiezione e durante il trasporto devono essere protette da urti e/o perdite di umidità. I pannelli, una volta rimossi dalle casseforme, devono essere conservati in condizioni normalizzate o nelle stesse condizioni ambientali delle pareti rivestite in relazione agli accordi stabiliti prima dell'inizio dei lavori.

Confezione della miscela nel processo per via secca

Nel caso di utilizzo del processo per via secca l'umidità della sabbia non deve essere maggiore del 6%.

Inoltre, nel caso di utilizzo di cementi a presa rapida e ultrarapida essa non deve superare il 3,5 ± 0,5%. Nel caso di premiscelati, l'umidità degli aggregati prima della miscelazione non deve essere maggiore di 0,2 %. Deve inoltre essere utilizzato un premiscelatore per l'abbattimento delle polveri e per favorire la miscelazione dell'acqua con gli altri costituenti.

Posizionamento dell'armatura e inserti

Le eventuali reti di armatura devono essere fissate con almeno 3 chiodi/m² su un primo strato di conglomerato proiettato dello spessore di almeno 2-3 centimetri per evitare movimenti o distacchi durante la successiva proiezione.

Qualora per motivi progettuali od operativi sia necessario realizzare uno spessore di calcestruzzo proiettato maggiore di 15 centimetri deve essere prevista una seconda armatura da fissare con almeno 3 chiodi/m² sul doppio strato già in opera, in modo tale da garantire un copriferro finale di almeno 4 centimetri.

Nel caso di impiego di reti di armatura disposte in più strati, la distanza fra gli strati deve essere compresa fra 30 e 50 mm in relazione al diametro massimo degli aggregati. La distanza fra le reti deve essere assicurata da idonei distanziatori in numero adeguato o mediante presagomature delle reti stesse.

Gli inserti, quali a esempio le canalette di drenaggio, casseforme a perdere e altri dispositivi che debbano essere inglobati nel calcestruzzo, devono essere saldamente fissati e lo spessore del loro ricoprimento deve superare i 4 cm.

6.18.1.4 Controlli sulla miscela

Le frequenze minime di riferimento per l'esecuzione dei controlli sono quelle indicate nella tabella 6.18.1.4 di seguito riportata:

- Campionamento da calcestruzzo fresco e calcestruzzo indurito (norma EN-14488-1).
- Resistenza alla compressione del calcestruzzo giovane (norma EN 14488-2).
- Determinazione energia assorbita (norma EN 14488-4).
- Spessore del calcestruzzo (norma EN 14488-6).
- Contenuto di fibre nel calcestruzzo proiettato fresco e indurito (norma EN 14488-7 metodo a e metodo b).

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- Resistenza a compresssione del calcestruzzo indurito (norma EN 12504-1) con valutazione della classe di resistenza secondo la norma EN 13791.
- Penetrazione dell'acqua in pressione (norma EN 12390-8).

Le FERROVIE potranno richiedere eventuali prove e verifiche aggiuntive.

Tabella 6.18.1.4: Frequenza minima dei controlli in corso d'opera in relazione ai m³ ed ai m² prodotti

PROVA	Temporaneo non strutturale	Permanente non strutturale	Permanente strutturale/Temporaneo strutturale
Spessore (media di 4 saggi)	ogni 3000 m²	ogni 1000 m²	ogni 500 m²
Contenuto di fibre nel calcestruzzo fresco (*)	ogni 3000 m²	ogni 3000 m²	ogni 100 m³ o ogni 500 m²
Dosaggio dell'additivo per la proiezione	-	ogni 2000 m²	ogni 1000 m²
Resist. a compress. (stima) del cls giovane (+)	ogni 5000 m² e almeno 1 volta ogni 2 mesi	ogni 5000 m² e almeno 1 volta ogni 2 mesi	ogni 2500 m² e almeno 1 volta al mese
Resistenza a compressione del cls indurito	ogni 1000 m³ e almeno 1 volta al mese	ogni 1000 m³ e almeno 1 volta a settimana	In base alle frequenze stabilite dal DM 14/1/08 per i controlli di legge e almeno 2 volte a settimana
Contenuto di fibre nel calcestruzzo indurito (*)	ogni 2000 m³ o ogni 10000 m²	ogni 2000 m³ o ogni 10000 m²	ogni 400 m³ o ogni 2000 m²
Penetrazione dell'acqua sotto pressione	(-)	(-)	(-)
Assorbimento di energia (Tenacità) (*)	ogni 2000 m³ o ogni 10000 m²	ogni 2000 m³ o ogni 10000 m²	ogni 400 m³ o ogni 2000 m²

(*) Solo per conglomerato cementizio fibrorinforzato.
(+) Se richiesto in funzione della tipologia di opera
(-) se richiesto e con la frequenza prescritta dal progetto o su richiesta del Direttore Lavori

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

6.18.2 CALCESTRUZZO RINFORZATO CON FIBRE DI ACCIAIO

L'impiego è consentito se previsto da progetto con le modalità e specifiche indicate nella norma UNI 11039-1.

6.18.3 CALCESTRUZZO AUTOCOMPATTANTE

L'impiego è consentito se previsto da progetto con le modalità e specifiche indicate nella norma UNI 11040. In fase di progetto può essere preso a riferimento il documento "The European Guidelines for Self-Compacting Concrete (BIBM-CEMBUREAU-ERMCO-EFCA-EFNARC)".

6.19 TOLLERANZE COSTRUTTIVE

Si riportano nelle sottostanti tabelle le tolleranze dimensionali che L'ESECUTORE è tenuto a rispettare negli elementi realizzati in calcestruzzo armato e precompresso, oltre a quelle, eventuali, riportate nei disegni di progetto.

OGGETTO DEL CONTROLLO	DESCRIZIONE E PARAMETRO DI CONTROLLO	TOLLERANZA (mm)		ULTERIORE LIMITAZIONE
1- Fondazioni: plinti, platee, solettoni ecc.	Posizionamento rispetto alle coordinate di progetto	±30		
	Dimensioni in pianta	-30	+50	
	Dimensione in altezza(superiore)	-5	+30	
	Quota altimetrica estrodosso	-5	+20	
2- Strutture in elevazione: pile, spalle, muri ecc. Gli scostamenti dimensionali non devono ridurre i copriferri minimi prescritti. H in m e H/0,3 in mm	Posizionamento rispetto alle coordinate degli allineamenti di progetto	±20		
	Dimensione in pianta(anche per pila piena)	-5	+20	
	Spessori muri,pareti, pile cave o spalle	-5	+20	
	Quota altimetrica sommità	-15	+15	
	Verticalità per $0 < H \leq 6$ m	±20		
	Verticalità per $6 < H \leq 12$ m	± H/0,3		
	Verticalità per $H > 12$ m	± [H/0,3-(H-12)/0,5)]		
3- Solette e solettoni per impalcati,solai in genere.	Spessore	-5	+10	
	Quota altimetrica estradosso	±10		
4- Vani, cassette, inserterie.	Posizionamento e dimensionamento vani e cassette	±15		
	Posizionamento inserti(piastre e boccole)	±10		
5- Travi prefabbricate (misurazioni sul cassero)	Lunghezza "L"	± L/2000		20
	Generica dimensione "D" della sezione retta	± D/200		2
6- Travi prefabbricate (misurazione sulla trave)	Posizionamento appoggi:direzione longitudinale (trave di lunghezza "L")	± L/2000		10
	Posizionamento appoggi: direzione trasversale	± 10		
	Posizionamento altimetrico appoggi(assoluto)	± 5		

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

	Posizionamento altimetrico appoggi(relativo ad altri appoggi della stessa travata sulla stessa pila)	± 2,5		
	Parallelismo-trasversale-tra contropiastra trave e contropiastra baggiolo	± 0,003		
	Lunghezza "L" trave	L/1000		20
	Dimensione globale "G" della sezione retta (es. altezza, larghezza ali)	G/200		4
	Spessore "S" anima	S/100		3
7- Armatura Nota: le tolleranze qui indicate non possono ridurre i valori indicati nelle norme vigenti,ove applicabili.	Lunghezza barra rettilinea	± 25		

OGGETTO DEL CONTROLLO	DESCRIZIONE E PARAMETRO DI CONTROLLO	TOLLERANZA(mm)		ULTERIORE LIMITAZIONE
(*) In ogni metro di manufatto il numero di barre/staffe deve essere quello di progetto. (**) Nel caso di sezione di fine manufatto deve comunque essere rispettato il copriferro prescritto.	Copriferrro(elementi prefabbricati)	-0	+5	
	Copriferrro(solette)	-0	+10	
	Copriferro(eccetto casi di cui ai punti 7.2 e 7.3)	-0	+15	
	Interasse staffe	± 20 (*)		
	Interasse barre	± 20 (*)		
	Armatura di precompressione (cavi e barre): posizionamento(verticale/orizzontale)	± 10		
	Armatura di precompressione (trefoli): posizionamento(verticale/orizzontale)	± 5		
	Punto terminale di barra rettilinea	± 50 (**)		
	Lunghezza di sovrapposizione o di ancoraggio	-25		
	Piastra di ancoraggio trefoli:inclinazione	1		

6.20 MALTE DI CEMENTO

6.20.1 MALTE PER ANCORAGGI

Per l'ancoraggio di strutture metalliche al calcestruzzo di cordoli o solette , mediante tirafondi o zanche come nel caso degli apparecchi d'appoggio delle travate, devono utilizzarsi malte reoplastiche premiscelate, marcate CE conformi alle indicazioni contenute nella norma EN 1504-6.

Per il confezionamento l'ESECUTORE dovrà attenersi alle prescrizioni fornite dal produttore della malta

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

prevedendo in ogni caso l'idrolavaggio e la saturazione con acqua della superficie delle cavità predisposte per l'ancoraggio (condizione "satura superficie asciutta"), immediatamente prima dell'applicazione della malta.

Il prodotto dovrà possedere le seguenti caratteristiche prestazionali:

- nella prova di espansione contrastata secondo il procedimento indicato nella UNI 8147, il prodotto dovrà produrre un aumento della lunghezza dei provini a 7 giorni di almeno 0.07%;
- dopo 28 giorni di stagionatura dovrà possedere le seguenti caratteristiche meccaniche:
  - resistenza a compressione maggiore di 80 N/mm²;
  - resistenza a flessione maggiore di 10 N/mm²;
  - coefficiente di permeabilità inferiore a 1x10 -12;
  - resistenza allo sfilamento delle barre di acciaio secondo EN 1881.

Le FERROVIE potranno richiedere all'ESECUTORE l'esecuzione di tutte o parte delle suddette prove di caratterizzazione.

6.20.2 MALTE PER RASATURA

Qualora si renda necessario eseguire la rasatura di superfici in calcestruzzo, devono utilizzarsi malte cementizie monocomponente a presa normale a base di cementi ad alta resistenza, aggregati a grana fine, additivi speciali e polimeri sintetici in polvere. L'applicazione della malta dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del supporto, asportando tutte le parti inconsistenti e in fase di distacco, fino a ottenere un sottofondo solido, avendo cura di eliminare residui polverosi che impediscono la corretta adesione del prodotto. Il prodotto dovrà essere applicato dopo aver saturato d'acqua le superfici e applicato a spatola metallica liscia in uno spessore compreso tra 1 e 3 mm per singola mano.

Il prodotto dovrà essere marcato CE e rispondere ai requisiti richiesti dalla EN 1504-3, per le malte non strutturali di classe R2, e ai requisiti della EN 1504-2, qualora l'applicazione del prodotto abbia lo scopo di proteggere la superficie di calcestruzzo.

Si richiedono inoltre i seguenti requisiti:

- bleeding (acqua di essudazione) secondo UNI EN 480: assente;
- aderenza al calcestruzzo secondo EN 1542: ≥ 2.5 (a 28 giorni);
- profondità di penetrazione dell'acqua secondo ISO EN 7031-94 < 15 mm;
- resistenza cicli di gelo-disgelo secondo UNI 7087 > 50;
- modulo elastico a 28giorni secondo EN 13412 ≤ 16.000 MPa;
- resistenza a compressione secondo EN 196-1: a 1 giorno 11 MPa, a 28 giorni ≥ 40 MPa;
- resistenza a flessione secondo EN 196-1 a 1 giorno 3 MPa, a 28 giorni ≥ 7 MPa.

Le FERROVIE potranno richiedere all'ESECUTORE l'esecuzione di tutte o parte delle suddette prove di caratterizzazione.

6.20.3 MALTE PER RIPRISTINO STRUTTURALE DEL CALCESTRUZZO

Per il ripristino di strutture degradate in calcestruzzo dovranno utilizzarsi malte a ritiro compensato e a presa normale, ad elevata duttilità composte da cementi ad alta resistenza, aggregati selezionati, fibre sintetiche o inorganiche e speciali additivi. I prodotto dovranno essere provvisti di marcatura CE ed essere conformi alla UNI EN 1504-3 – classe R4.

Si richiedono inoltre i seguenti requisiti:

- espansione contrastata, secondo UNI 8147, pari allo 0.04% a 1 giorno ed allo 0.06% a 28 gg;
- bleeding (acqua di essudazione) secondo UNI EN 480: assente;
- aderenza al calcestruzzo secondo EN 1542: ≥ 8 MPa. (a 28 gg.);

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- profondità di penetrazione dell'acqua secondo ISO EN 7031-94 < 5 mm;
- resistenza cicli di gelo-disgelo secondo UNI 7087 > 50;
- modulo elastico a 28 gg. secondo EN 13412 pari a 25.000 ± 2000 MPa;
- resistenza a compressione secondo EN 196-1: a 1 giorno 25 MPa, a 28 giorni ≥ 60 MPa;
- resistenza a flessione secondo EN 196-1 a 1 giorno 8 MPa, a 28 giorni ≥ 11 MPa.

Le FERROVIE potranno richiedere all'ESECUTORE l'esecuzione di tutte o parte delle suddette prove di caratterizzazione.

L'applicazione della malta deve essere preceduta da adeguata preparazione del supporto asportando il calcestruzzo ammalorato fino ad ottenere un sottofondo solido, esente da parti in distacco e sufficientemente ruvido. In caso di presenza di armatura dovrà provvedersi alla preventiva pulizia dei ferri e, in caso, all'applicazione di specifico trattamento passivante. Il prodotto dovrà essere applicato dopo aver saturato d'acqua le superfici attenendosi attenendosi alle prescrizioni del Produttore.

6.20.4 MALTE PER RIPRISTINI STRUTTURALI MEDIANTE COLAGGIO

Nel caso si debba procedere al ripristino strutturale di calcestruzzo degradato per mezzo di malta di cemento colabile, questa dovrà essere premiscelata, bicomponente, ad espansione contrastata e a presa normale, ad elevata fluidità, composta da cementi ad alta resistenza e fibre sintetiche, resistente agli agenti aggressivi dell'ambiente. La malta sarà conforme alla classe R4 della EN 1504-3 e provvista di marcatura CE.
Si richiedono inoltre i seguenti requisiti:

- espansione contrastata, secondo UNI 8147, pari allo 0.04% a 1 giorno ed allo 0.06% a 28 gg;
- resistenza alla fessurazione ("O ring test"): nessuna fessura dopo 180 giorni;
- bleeding (acqua di essudazione) secondo UNI EN 480: assente;
- aderenza al calcestruzzo secondo EN 1542: ≥ 9 MPa. (a 28 gg.);
- profondità di penetrazione dell'acqua secondo ISO EN 7031-94 < 5 mm;
- resistenza cicli di gelo-disgelo secondo UNI 7087 > 50;
- modulo elastico a 28 gg. secondo EN 13412 pari a 29.000 ± 2000 MPa;
- resistenza a compressione secondo EN 196-1: a 1 giorno 35 MPa, a 28 giorni ≥ 70 MPa;
- resistenza a flessione secondo EN 196-1 a 1 giorno 5 MPa, a 28 giorni ≥ 8 MPa.

Le FERROVIE potranno richiedere all'ESECUTORE l'esecuzione di tutte o parte delle suddette prove di caratterizzazione.

L'applicazione della malta deve essere preceduta da adeguata preparazione del supporto asportando il calcestruzzo ammalorato fino ad ottenere un sottofondo solido, esente da parti in distacco e sufficientemente ruvido. In caso di presenza di armatura dovrà provvedersi alla preventiva pulizia dei ferri e, in caso, all'applicazione di specifico trattamento passivante. Il prodotto dovrà essere applicato dopo aver saturato d'acqua le superfici attenendosi attenendosi alle prescrizioni del Produttore.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI

PARTE II – SEZIONE 7
PALI E MICROPALI

7.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
7.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
7.3 DEFINIZIONI
7.4 ABBREVIAZIONI
7.5 ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI
7.6 PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO
7.7 MICROPALI
7.8 CONTROLLI
7.9 TOLLERANZE DI COSTRUZIONE

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/06/2014	Emissione per Applicazione	A. Latorre	F. Iacobini	P. Firmi

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

INDICE

7.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE 4
7.1.1. CAMPO DI APPLICAZIONE 4
7.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO 4
7.2.1. NORMATIVA NAZIONALE 4
7.2.2. NORMATIVA EUROPEA E NORMATIVA TECNICA 4
7.2.3. NORMATIVA FERROVIARIA 5
7.3. DEFINIZIONI 5
7.4. ABBREVIAZIONI 7
7.5. ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI 7
7.5.1. RELAZIONE TECNICO – OPERATIVA 8
7.6. PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO 9
7.6.1. MATERIALI 9
7.6.1.1. Armature metalliche 9
7.6.1.2. Rivestimenti metallici 9
7.6.1.3. Conglomerati cementizi 10
7.6.1.4. Fanghi per il sostegno dello scavo 10
7.6.2. MODALITÀ ESECUTIVE 10
7.6.2.1. Pali infissi 10
7.6.2.1.1. Pali infissi gettati in opera 10
7.6.2.1.2. Pali infissi prefabbricati 12
7.6.2.2. Pali trivellati 13
7.6.2.2.1. Pali trivellati tradizionali 13
7.6.2.2.2. Pali trivellati con fanghi stabilizzanti 14
7.6.2.2.3. Pali trivellati con rivestimento provvisorio (tubo-forma estraibile) 14
7.6.2.2.4. Pali trivellati ad elica continua 15
7.6.2.2.5. Pali con morsa giracolonna 16
7.7. MICROPALI 17
7.7.1. TIPOLOGIE 17
7.7.1.1. Micropali cementati mediante iniezioni multiple selettive 17
7.7.1.2. Micropali a semplice cementazione 17
7.7.2. MATERIALI 18
7.7.3. MODALITA' ESECUTIVE 19
7.7.3.1. Tecniche ed attrezzature per la perforazione 19
7.7.3.2. Micropali cementati mediante iniezioni multiple selettive 19
7.7.3.3. Micropali a semplice cementazione 20
7.7.3.3.1. Riempimento a gravità 20
7.7.3.3.2. Riempimento a bassa pressione 21
7.8. CONTROLLI 21

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

7.8.1. PROVE IN CORSO D'OPERA 21

7.8.2. PROVE SU PALI STRUMENTATI 23

7.8.3. PROVE DI CONTROLLO SONICO 23

7.8.3.1. Carotaggio sonico 23

7.8.3.1.1. Descrizione della prova 23

7.8.3.1.2. Frequenza di esecuzione 23

7.8.3.1.3. Modalità di esecuzione 24

7.8.3.1.4. Documentazione della prova 24

7.8.3.2. Prove cross-hole 24

7.8.3.2.1. Descrizione della prova 24

7.8.3.2.2. Frequenza delle prove 24

7.8.3.2.3. Modalità di esecuzione 25

7.8.3.2.4. Documentazione della prova 25

7.8.4. PROVE DI AMMETTENZA MECCANICA (TRANSIENT DYNAMIC RESPONSE TEST) 25

7.8.4.1. Descrizione della prova 25

7.8.4.2. Modalità di esecuzione 25

7.8.4.3. Documentazione della prova 26

7.9. TOLLERANZE DI COSTRUZIONE 26

7.9.1. OBIETTIVI 26

7.9.2. DEFINIZIONI 26

7.9.3. MODALITÀ DI LETTURA 26

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

7.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

7.1.1. CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione del Capitolato si applica a tutte le opere di fondazione ove sono previsti pali e micropali.

Per l'utilizzo dei pali nelle opere di sostegno valgono le prescrizioni contenute nella Sezione 8 "Paratie di pali, diaframmi e palancolate" del presente Capitolato.

Per l'utilizzo dei micropali nelle opere di rinforzo e stabilizzazione del terreno valgono le prescrizioni contenute nella Sezione 10 "Opere di miglioramento rinforzo e stabilizzazione" del presente Capitolato.

I PALI sono distinti, con riferimento alle loro dimensioni, in pali di medio e grande diametro.

Nel presente documento si utilizza la seguente classificazione:

- *pali di medio diametro*: $300 \text{ mm} \leq D \leq 600 \text{ mm}$
- *pali di grande diametro:* $D > 600 \text{ mm}$

I "MICROPALI" sono perforazioni trivellate aventi diametro $D < 300$ mm, costituiti da malte o miscele cementizie e da idonee armature d'acciaio.

Si precisa che per le modalità di gestione dei materiali di risulta, derivanti dalla realizzazione delle opere di cui alla presente sezione in qualità di sottoprodotti e/o in qualità di rifiuti, si rimanda ai documenti specialistici di riferimento (progetto e documenti contrattuali) nonché a quanto disciplinato dalla normativa ambientale vigente (D.lgs. 152/06 e s.m.i., D.M. 161/2012, D.M. 05/02/98 e s.m.i., D.M. 27/09/2010, etc.).

7.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la normativa e documentazione di riferimento.
Costituiscono oggetto di riferimento normativo, da intendersi non esaustivo. In ogni caso viene considerata valida l'edizione della norma vigente al momento del ritiro dei documenti di gara, nonché l'eventuale aggiornamento intercorso a valle di questo purché concordato tra le parti; in caso di discordanza tra diverse norme, vale l'interpretazione più favorevole per Rete Ferroviaria Italiana.

7.2.1. NORMATIVA NAZIONALE

- D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare 02 febbraio 2009 n° 617/ C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008"
- D.lgs. 03 aprile 2006 n° 152 "Norme in materia ambientale"

7.2.2. NORMATIVA EUROPEA E NORMATIVA TECNICA

- EN 1990:2006 "Eurocode - Basis of structural design"
- EN 1997-2:2007 "Eurocode 7- Geotechnical design – Part 2: Ground investigation and testing"
- UNI EN 1536:2010 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Pali trivellati"
- UNI EN 10025-1:2005 "Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura"
- UNI EN 10025-2:2005 "Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali"

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- UNI EN 10080:2005 "Acciaio d'armatura per calcestruzzo - Acciaio d'armatura saldabile – Generalità"
- UNI EN 10210-1:2006 "Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche di fornitura"
- UNI EN 10210-2:2006 "Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali - Parte 2: Tolleranze, dimensioni e caratteristiche del profilo"
- UNI EN 10219-1:2006 "Profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali di acciai non legati e a grano fine - Parte 1: Condizioni tecniche di fornitura"
- UNI EN 10219-2:2006 "Profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali di acciai non legati e a grano fine - Parte 2: Tolleranze, dimensioni e caratteristiche del profilo"
- UNI EN 12699:2002 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Pali eseguiti con spostamento del terreno"
- UNI EN 12794:2007 "Prodotti prefabbricati di calcestruzzo - Pali da fondazione"
- UNI EN 14199:2005 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Micropali"

7.2.3. Normativa ferroviaria

- RFI DTC INC CS SP IFS 001 A "Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie"
- RFI DTC INC PO SP IFS 001 A "Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario"

In generale dovranno considerarsi tutte le norme tecniche internazionali e nazionali di riconosciuto valore. Ai fini del presente capitolato possono essere considerate di riconosciuto valore:

- Normative Europee (EURONORME)
- Normative ISO
- Norme tecniche nazionali e linee guida

7.3. DEFINIZIONI

Contratto: contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l'acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l'esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla stazione appaltante.

DIREZIONE LAVORI: ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali.

Direttore dei lavori: soggetto che ha la responsabilità del coordinamento e della supervisione dell'attività di tutto l'ufficio di direzione dei lavori, ed interloquisce in via esclusiva con l'esecutore in merito agli aspetti tecnici ed economici del contratto. Cura che i lavori siano eseguiti a regola d'arte ed in conformità al progetto e al contratto.

ESECUTORE: soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, Contraente Generale, General Contractor).

FERROVIE: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (Direzione Lavori, Alta sorveglianza).

Micropali a iniezione multipla selettiva: micropali realizzati attrezzando le perforazioni di piccolo diametro con tubi metallici dotati di valvole di non ritorno, connessi al terreno circostante mediante iniezioni cementizie eseguite a pressione e volumi controllati.

Micropali a semplice cementazione: micropali realizzati inserendo entro una perforazione di piccolo diametro un'armatura metallica e solidarizzati mediante il getto di una malta o di una miscela cementizia.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Pali infissi gettati in opera: pali realizzati riempiendo con calcestruzzo lo spazio interno vuoto di un elemento tubolare metallico fatto penetrare nel terreno mediante battitura o per vibrazione, senza asportazione del terreno medesimo.

I pali infissi gettati in opera si distinguono in:

- pali con rivestimento definitivo in lamiera d'acciaio, corrugata o liscia, chiusi alla base con un fondello d'acciaio. I pali vengono realizzati infiggendo per battitura il rivestimento tubolare. Dopo l'infissione e la eventuale ispezione interna del rivestimento, il palo viene completato riempiendo il cavo del rivestimento con calcestruzzo armato o non armato;
- pali realizzati tramite infissione nel terreno di un tubo-forma estraibile, in genere chiuso alla base da un fondello a perdere. Terminata l'infissione, il palo viene armato con gabbia in acciaio e completato con getto di calcestruzzo, con o senza la formazione di un bulbo espanso di base. Durante il getto, il tubo-forma viene estratto dal terreno.

Pali infissi prefabbricati: pali realizzati mediante battitura di manufatti, senza asportazione di terreno, ed eventualmente con l'ausilio di un getto d'acqua in pressione che fuoriesce dalla punta attraverso un foro centrale longitudinale.
A seconda che i pali siano prefabbricati in stabilimento od in cantiere, saranno adottate le seguenti tipologie costruttive:

- pali prefabbricati in stabilimento: in calcestruzzo centrifugato ed eventualmente precompresso, di norma a sezione circolare, di forma cilindrica, tronco-conica o cilindro-tronco-conica;
- pali prefabbricati in cantiere: in calcestruzzo vibrato, di norma a sezione quadrata.

Pali trivellati: I pali trivellati sono costruiti in opera, eseguendo il getto di calcestruzzo all'interno di un foro, dopo l'introduzione di una gabbia di armatura, quando prevista. Si differenziano essenzialmente per i metodi di perforazione, sostegno delle pareti e getto del calcestruzzo.

Pali trivellati tradizionali: Si definiscono pali trivellati tradizionali quelli ottenuti per asportazione del terreno e sua sostituzione con calcestruzzo armato. Durante la perforazione la stabilità dello scavo può essere garantita con l'ausilio di fanghi stabilizzanti ovvero tramite l'infissione di un rivestimento metallico provvisorio.

Pali trivellati ad elica continua: Si definiscono pali trivellati ad elica continua i pali realizzati mediante infissione per roto-traslazione di una trivella ad elica continua e successivo getto di calcestruzzo, fatto risalire dalla base del palo attraverso il tubo convogliatore interno all'anima dell'elica, con portate e pressioni controllate.
L'estrazione dell'elica avviene contemporaneamente alla immissione del calcestruzzo.

L'eventuale gabbia di armatura viene posta in opera una volta completato il getto di calcestruzzo.

Pali con morsa giracolonna: pali trivellati realizzati all'interno di tubo-forma provvisorio in acciaio infisso con movimento rototraslatorio a mezzo di morsa giracolonna. Tale tipologia è da utilizzare in presenza di trovanti, strati lapidei, murature esistenti e ove non fosse possibile l'utilizzo di diversa attrezzatura di perforazione.

Prova: forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni delle FERROVIE.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

7.4. ABBREVIAZIONI

cls: calcestruzzo

DL: Direzione Lavori

SLE: Stati Limite di Esercizio

WBS: Work Breakdown Structure

7.5. ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI

L'ESECUTORE, fermo restando quanto previsto dalle "Disposizioni generali" del presente Capitolato, che devono intendersi totalmente richiamate, se non diversamente prescritto, prima di dare inizio alle lavorazioni, dovrà:

- presentare alla DIREZIONE LAVORI una relazione tecnico – operativa, così come indicato al paragrafo 7.5.1;
- presentare alla DIREZIONE LAVORI una relazione finale delle risultanze del campo prova al fine di concordare l'esecuzione di eventuali prove per la taratura dei parametri geotecnici;
- eseguire il tracciamento preliminare dei pali identificando la posizione sul terreno mediante infissione di appositi picchetti in corrispondenza dell'asse di ciascun palo, e accertare che su ogni picchetto sia riportato il numero progressivo del palo in conformità alla planimetria presentata ed accettata dalla DIREZIONE LAVORI.

All'inizio e durante le lavorazioni, l'ESECUTORE, se non diversamente prescritto, dovrà:

- mantenere la piazzola di lavoro pulita e sgombra, anche al fine di consentire il costante controllo della quota di testa-palo;
- per eventuali variazioni delle metodologie esecutive precedentemente approvate, presentare un' ulteriore relazione tecnico-operativa sulle nuove metodologie, da sottoporre all'approvazione della DIREZIONE LAVORI, la quale potrà, a sua discrezione, richiedere l'esecuzione di prove tecnologiche (campo prova) al fine di verificare l'idoneità delle nuove metodologie esecutive;
- comunicare alla DIREZIONE LAVORI anomalie e/o differenze rispetto alla stratigrafia prevista, e comunque ogni qual volta le condizioni reali risultino sensibilmente differenti da quelle di progetto;
- eseguire tutte le prove, previste nella relazione tecnico operativa di cui al paragrafo 7.5.1, in situ e/o di laboratorio, e allegare i certificati alla specifica documentazione di controllo elaborata per ciascuna opera. Detto laboratorio potrà essere di cantiere (per le prove per cui è attrezzato), o qualificato ed approvato dalla DIREZIONE LAVORI, od ancora un Laboratorio Ufficiale autorizzato;;
- curare che lo stoccaggio in cantiere delle gabbie di armatura avvenga in apposita area preliminarmente individuata, verificando che le gabbie non siano a contatto diretto con il terreno e siano provviste di idoneo contrassegno indicante gli estremi della fornitura dell'opera o porzione di opera per cui è previsto l'impiego (WBS), del numero del palo e della posizione della gabbia;
- provvedere alla scapitozzatura delle teste di tutti i pali con martello demolitore, di peso operativo non superiore a 170 kg e diametro della punta adeguato alla geometria della struttura, fino alla quota di progetto (piano d'imposta della fondazione sovrastante), provvedendo altresì alla sistemazione e ripulitura dei ferri d'armatura e della testa del palo con aria in pressione;
- provvedere, al completamento dei lavori e nel rispetto delle scadenze fissate contrattualmente, alla redazione e trasmissione della documentazione finale "as-built" prevista da contratto;
- indicare, per ciascun palo, i mc gettati da ogni betoniera e la corrispondente quota raggiunta dal cls nel foro, onde poter riscontrare le eventuali difformità tra i valori gettati e quelli attesi, verificare che tali dati siano registrati in specifici documenti di controllo resi disponibili alla DIREZIONE LAVORI, ed

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

accertare che le eventuali anomalie siano comunicate tempestivamente alla DIREZIONE LAVORI e riportate nella documentazione "as-built".

L'ESECUTORE dovrà dare evidenza delle attività di controllo effettuate per garantire la conformità alle prescrizioni della presente sezione attraverso la redazione di specifica documentazione di registrazione, elaborata per ciascun palo/micropalo.

7.5.1. RELAZIONE TECNICO – OPERATIVA

La relazione tecnico operativa che l'ESECUTORE deve presentare alla DIREZIONE LAVORI dovrà contenere:

- il rilievo stratigrafico del terreno individuato dal progetto;
- una planimetria riportante la posizione di tutti gli elementi, (con indicazione di quelli da attrezzare con una specifica strumentazione di prova), contrassegnati da un numero progressivo distintivo di ciascun elemento; le date ed il programma delle prove dovranno essere altresì comunicati a Rete Ferroviaria Italiana con almeno 7 giorni di anticipo sulle date di inizio;
- l'elenco e la descrizione tecnica delle apparecchiature da utilizzare, con indicate le modalità di esecuzione e le seguenti caratteristiche:

per i pali infissi (nel caso di utilizzo di battipalo):

- energia massima di un colpo e relativa possibilità di regolazione;
- n. di colpi al minuto e relativa possibilità di regolazione;
- efficienza "E" del battipalo;
- caratteristiche del cuscino (materiale, diametro, altezza, costante elastica, coefficiente di costituzione);
- caratteristiche della cuffia (materiale e peso);
- peso degli eventuali adattatori;
- peso del battipalo.

per i pali trivellati:

- caratteristiche, numero, potenza e capacità operativa delle attrezzature, in funzione delle condizioni ambientali, litologiche e idrogeologiche dei terreni da attraversare nonché delle dimensioni dei pali da eseguire;
- caratteristiche dei macchinari da utilizzare nel caso di presenza nel terreno di trovanti lapidei o di strati cementati o nel caso si voglia conseguire un adeguato ammorsamento in sub-strati di roccia dura;
- in caso di impiego di fanghi stabilizzanti, le modalità operative di utilizzo degli stessi e le caratteristiche tecniche dell'impianto di trattamento cui devono essere soggetti;
- il programma di esecuzione delle opere nel quale sia indicata la successione cronologica prevista per la realizzazione dei pali/micropali;
- la programmazione di un eventuale specifico campo prova (pali/micropali "pilota" esterni all'opera) al fine di verificare l'idoneità di tutte le attrezzature e l'adeguatezza delle modalità esecutive, nelle particolari condizioni stratigrafiche e in relazione all'importanza dell'opera o a particolari soggezioni ambientali;
- l'indicazione, mediante adeguati contrassegni, di tutti gli elementi (tubi-forma, gabbie d'armatura, pali, funi) allo scopo di effettuare i necessari controlli.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

7.6. PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO

7.6.1. MATERIALI

L'ESECUTORE, fermo restando quanto previsto nel paragrafo 7.5 ("Oneri e Prescrizioni generali") della presente Sezione, deve intendere le prescrizioni che seguono, relativamente alle armature metalliche e ai conglomerati cementizi, come integrative di quelle della Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato. Queste ultime si intendono integralmente applicabili.

7.6.1.1. Armature metalliche

L'ESECUTORE può ricorrere alla saldatura (puntatura) delle staffe, delle spirali, o degli anelli irrigidenti ai ferri longitudinali, al fine di rendere le gabbie d'armatura in grado di sopportare le sollecitazioni di movimentazione; in questo caso L'ESECUTORE deve verificare che la saldatura non abbia indotto riduzioni di resistenza nelle barre, mediante l'esecuzione di prove a trazione su elementi sottoposti a saldatura. A tal fine L'ESECUTORE dovrà prelevare all'estremità delle gabbie 3 campioni di barra longitudinale con staffa/spirale(ogni 500 ml di gabbia) e ripristinare l'armatura aggiungendo barre e staffe/spirale con sovrapposizione di 40 diametri.

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- le armature siano pre-assemblate fuori opera in "gabbie";
- i collegamenti tra armatura longitudinale e trasversale siano ottenuti con doppia legatura in filo di ferro o con morsetti, o con saldatura - puntatura, e che le sporgenze ricadano sempre all'interno della gabbia senza intralciare l'inserimento del tubo getto;
- le armature elicoidali siano fissate solidamente a tutte le armature longitudinali intersecate e che l'interasse delle staffe ed il passo della spirale non sia superiore a 20 cm ed il diametro dei ferri non inferiore a 12 mm (Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario, par. 1.8.3.3);
- l'interasse fra le barre longitudinali non sia in alcun caso inferiore a 7,5 cm;
- sulle gabbie di armatura, nella fase di stoccaggio in cantiere, siano stati posizionati opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo di 4 cm rispetto al rivestimento definitivo o, nel caso di pali trivellati di grande diametro, di 6 cm rispetto al diametro nominale del foro;
- i distanziatori in plastica, al fine di garantire la solidarietà col calcestruzzo, abbiano la superficie forata per almeno il 25%;
- i distanziatori siano posti a gruppi di 3-4 regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di 2-3 m;
- l'armatura sia mantenuta in posizione senza essere poggiata sul fondo del foro, secondo la metodologia indicata nella relazione tecnico-operativa.

7.6.1.2. Rivestimenti metallici

L'ESECUTORE se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- la tipologia di rivestimento per ogni palo, nonché le caratteristiche geometriche del rivestimento stesso, sia provvisorio che definitivo, siano conformi alle prescrizioni di progetto;
- i tubi di rivestimento siano in acciaio, di qualità, forma e spessore tali da sopportare, senza danni o deformazioni, tutte le sollecitazioni agenti durante il trasporto, il sollevamento e l'infissione e tali da impedire distorsioni o collassi conseguenti alla pressione del terreno o alla infissione di pali vicini;
- i rivestimenti definitivi dei pali infissi e gettati in opera siano chiusi alla base mediante una piastra d'acciaio di spessore minimo di 8 mm, e comunque proporzionato al diametro del rivestimento. Tale piastra deve

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

essere saldata per l'intera circonferenza al tubo di rivestimento in modo da resistere alle sollecitazioni di battitura e di ribattitura, evitare infiltrazioni di acqua e non avere sporgenze esterne. E' ammesso l'impiego di rivestimenti a sezione variabile, con raccordi opportunamente saldati o flangiati.

Nel caso di tubo-forma estraibile, questo deve essere costituito da un cilindro chiuso inferiormente da un piattello metallico a perdere con un bordo che fa tenuta sul tubo impedendo l'ingresso all'interno di acqua o terreno.

Per pali di particolare lunghezza è ammessa la saldatura in opera di spezzoni di rivestimento, il primo dei quali già infisso. Gli eventuali altri spezzoni, nel corso della saldatura, saranno mantenuti in posizione fissa da un'adeguata attrezzatura di sostegno.

7.6.1.3. Conglomerati cementizi

Per i conglomerati cementizi l'ESECUTORE dovrà rispettare quanto prescritto dal progetto e dalla Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato e dovrà verificare, se non diversamente previsto, che la dimensione massima degli inerti, sia tale che $D_{max}<i_{min}/2,5$ dove i_{min} è il valore minimo del passo fra le barre longitudinali.

7.6.1.4. Fanghi per il sostegno dello scavo

Allo scopo di garantire il sostegno delle pareti dello scavo, durante l'esecuzione di pali trivellati tradizionali è consentito all'ESECUTORE l'uso di sostanze quali bentonite e/o polimeri che soddisfino i requisiti di accettazione previsti nella norma UNI EN 1536:2010: "Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Pali trivellati".

7.6.2. MODALITÀ ESECUTIVE

7.6.2.1. Pali infissi

7.6.2.1.1. Pali infissi gettati in opera

a) Tecniche ed attrezzature per l'infissione del rivestimento

Nel caso di infissione mediante battitura l'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- l'infissione dei rivestimenti avvenga tramite battitura, senza estrazione di materiale, eventualmente mediante fasi intermedie, in conformità al progetto e/o alla relazione tecnico-operativa di cui al punto 7.5.1, approvata dalla DIREZIONE LAVORI;
- venga eseguito e registrato il conteggio dei colpi d'avanzamento: nel corso dell'infissione verrà conteggiato il numero di colpi per avanzamenti di 1 m;
- venga registrato il grafico dei colpi relativi agli ultimi 4 metri: in corrispondenza degli ultimi 4 m o più se richiesto dalla DIREZIONE LAVORI, si conteggerà il numero di colpi per l'infissione di tratte successive di 10 cm;
- venga registrato il tempo necessario per l'infissione;
- per i rivestimenti definitivi, nel caso di utilizzo di mandrino di acciaio questo sia inserito nel rivestimento;
- nel caso il mandrino sia espanso, questo sia mantenuto del tutto solidale al tubo-forma per l'intera durata dell'infissione, al termine della quale sarà estratto;
- l'inserimento del mandrino nel rivestimento sia eseguito, se necessario, con l'ausilio di un "palo-pozzo" di diametro superiore a quello dei pali di esercizio. Il "palo-pozzo" potrà essere trasformato in palo di esercizio, solo previa accettazione della DIREZIONE LAVORI.

Per l'espulsione del fondello posto ad occludere l'estremità inferiore, nel caso di tubo-forma estraibile, è ammesso l'impiego di un pistone rigido di diametro pari a quello interno del tubo-forma collegato, tramite

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

un'asta rigida, alla base della testa di battuta. E' ammesso l'impiego di tubi-forma dotati di fondello incernierato recuperabile.
L'ESECUTORE dovrà verificare che l'infissione dei rivestimenti sia arrestata quando è soddisfatta una delle seguenti condizioni:

- raggiungimento della quota di progetto;
- rifiuto della battitura. Si intende raggiunto il rifiuto quando l'infissione corrispondente a 10 colpi di battipalo efficiente è inferiore a 2 cm.

In questo ultimo caso, la DIREZIONE LAVORI avrà facoltà di chiedere all'ESECUTORE la ribattitura del palo dopo 24 ore di attesa, se motivata da ragioni geotecniche particolari (es. forti sovrappressioni interstiziali).
L'ESECUTORE, previa comunicazione alla DIREZIONE LAVORI, potrà eseguire dei prefori di guida all'infissione per evitare o ridurre i problemi di vibrazione o il danneggiamento di opere o pali già esistenti. Il preforo avrà diametro massimo inferiore di almeno 20 mm rispetto a quello esterno della tubazione di rivestimento. Di norma la profondità sarà inferiore ai 2/3 della profondità del palo, e comunque tale da non raggiungere lo strato portante (se esistente). Il preforo potrà anche essere richiesto per il raggiungimento delle quote di progetto nel caso di livelli superficiali molto addensati o cementati.

a.1) Vibro-infissione

Per quanto riguarda la vibro-infissione, ferme restando le prescrizioni per l'infissione del precedente paragrafo, L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che sia utilizzato un vibratore a masse eccentriche regolabili, a funzionamento idraulico o elettrico. Le caratteristiche del vibratore (momento di eccentricità, numero di vibrazioni per minuto, forza centrifuga all'avvio, ampiezza ed accelerazione del minimo) saranno verificate dall'ESECUTORE in relazione alle prestazioni da ottenere, a seguito di prove tecnologiche preliminari (campo prova su elementi sacrificali).

b) Armature

L'ESECUTORE, oltre a quanto richiesto nel paragrafo 7.6.1.1, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- prima del posizionamento delle gabbie d'armatura si abbia cura di rimuovere eventuali corpi estranei presenti nel cavo;
- l'eventuale presenza di acqua entro il tubo di rivestimento non superi il limite di 15 cm.

c) Getto del calcestruzzo

I conglomerati cementizi dovranno essere conformi a quanto prescritto dal progetto e rispondere ai requisiti richiesti nella Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato.
L'ESECUTORE, accertata la conformità alle prescrizioni riportate al paragrafo 7.5, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- nel caso di realizzazione di pali con utilizzo di morsa idraulica il mix del calcestruzzo sia opportunamente dimensionato al fine di garantire, nelle condizioni specifiche di temperatura, un ritardo della presa in relazione alla lunghezza del palo, per ovviare ad eventuali inconvenienti che potrebbero prolungare il tempo di estrazione del tubo forma; tali accorgimenti non dovranno modificare la resistenza finale del calcestruzzo;
- il getto sia effettuato ad iniziare dal fondo foro, utilizzando un tubo convogliatore metallico di diametro di 20-26 cm, in spezzoni di circa 3 m, dotato in sommità di una tramoggia di carico della capacità di almeno 0.5-0.6 mc e mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento;
- il getto del calcestruzzo avvenga impiegando il tubo di convogliamento (tubo-getto);

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- l'interno del tubo-getto sia pulito, privo di irregolarità e strozzature. Le giunzioni tra sezione e sezione saranno del tipo filettato, senza manicotto (filettatura in spessore) o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2.0 cm; sono escluse le giunzioni a flangia;
- il tubo di convogliamento sia posto in opera arrestando il suo piede a 30÷60 cm dal fondo della perforazione; prima di iniziare il getto, è opportuno disporre entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo (ad es. in polistirolo, o costituito da un involucro di carta, riempito con materiale arido), in modo da provocare la caduta istantanea del primo calcestruzzo gettato, ed evitare azioni di contaminazione o dilavamento del calcestruzzo stesso;
- all'inizio del getto si disponga di un volume di calcestruzzo pari a quello del tubo getto e/o di almeno 3 ÷ 4 m di palo;
- le operazioni di getto avvengano senza soluzione di continuità; in particolare, per i pali di grande diametro, si prescrive una cadenza di getto non inferiore a 15 mc/ora;
- durante le operazioni di getto, al termine dello scarico di ogni betoniera, utilizzando uno scandaglio costituito da un grave metallico, del peso di circa 0,05 kN, di forma cilindrica con fondo piatto, corredato di un filo di sospensione metrato, sia verificata la quota di riempimento del palo al fine di avere un immediato raffronto fra la quota teorica e la quota raggiunta, per valutare eventuali dispersioni;
- nel corso del getto, il tubo di convogliamento sia accorciato per tratti successivi, sempre conservando un'immersione minima nel calcestruzzo, di 2.0 m. Per diametro del palo ≥ 1,2 m l'immersione dovrà essere almeno di 2,5 m;
- la quota di fine getto sia portata ad almeno 0.5-1.0 m al di sopra della quota di progetto prevista per la testa palo (scapitozzatura).

c.1) Getto in presenza di tubo-forma estraibile

Per quanto riguarda il getto in presenza di tubo-forma estraibile, ferme restando le prescrizioni riportate nel paragrafo precedente, L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- prima di installare il tubo-getto sia eseguita un'ulteriore misura del fondo foro; qualora lo spessore del deposito superi i 20 cm si dovrà provvedere alle operazioni di pulizia mediante air-lifting;
- il getto sia eseguito provvedendo altresì alla contemporanea estrazione del tubo-forma provvisorio, la cui scarpa dovrà restare sotto un battente di calcestruzzo non inferiore a 2 m e non superiore a 5 m;
- ogni manovra di accorciamento del rivestimento esterno e del tubo convogliatore sia preceduta dalla misurazione della quota raggiunta dal calcestruzzo.

7.6.2.1.2. Pali infissi prefabbricati

a) Prefabbricazione dei pali

La prefabbricazione dei pali potrà avvenire in stabilimento di produzione o in cantiere.

In entrambi i casi, L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- i pali siano realizzati con calcestruzzo di caratteristiche conformi alle prescrizioni riportate nella Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del Capitolato. La stagionatura potrà essere naturale in ambiente umido oppure a vapore; in ogni caso i pali dovranno raggiungere caratteristiche di resistenza alla compressione e all'urto tali da permetterne l'infissione nelle condizioni stratigrafiche del sito senza lesioni e rotture;
- nel caso di palificate da realizzare in ambienti aggressivi, qualora non previsto dal progetto, siano adottati opportuni accorgimenti tra i quali la definizione di un idoneo mix-design del cls e/o l'incremento del copriferro; altri accorgimenti, quali ad esempio vernici protettive, rivestimenti autoprotetti per proteggere la superficie esterna del palo, dovranno essere sottoposti all'approvazione preliminare della DIREZIONE LAVORI.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

b) Giunzione dei pali

Nel caso di pali di lunghezza superiore a 16 m, è ammesso il ricorso alla giunzione di 2 o più elementi.
L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- il giunto sia costituito da un anello di acciaio con armatura longitudinale, solidale con ciascuno degli spezzoni di palo da unire;
- gli anelli vengano saldati fra loro e protetti con vernici bituminose o epossidiche.

c) Protezione della punta

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- la punta dei pali sia protetta con una puntazza metallica formata da un cono di lamiera con angolo al vertice di 60°, resa solidale al fusto del palo tramite spezzoni di tondino saldati alla puntazza ed annegati nel calcestruzzo. In terreni poco compatti, l'uso della puntazza potrà essere evitato;
- in terreni molto compatti, la puntazza sia rinforzata con massello di ghisa o sostituita con uno spezzone di profilato in acciaio a doppio T (nel caso di roccia).

d) Tecniche ed attrezzature per l'infissione del palo

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- nel caso di strati granulari addensati, in cui è stato concordato con la DIREZIONE LAVORI l'utilizzo di iniezioni d'acqua per facilitare l'infissione, la discesa del palo avvenga per peso proprio o con l'ausilio di una modesta battitura;
- le iniezioni d'acqua siano interrotte non appena superato lo strato granulare e comunque non oltre 2 m prima del raggiungimento della quota di progetto, e che le modalità, le pressioni e la portata del getto d'acqua siano comunicate alla DIREZIONE LAVORI;
- nel caso di esecuzione di prefori, al fine di ridurre le vibrazioni, o in alternativa all'uso delle iniezioni d'acqua, questi abbiano diametro inferiore di almeno 20 mm alla minima sezione del palo;
- il preforo non raggiunga lo strato portante, se esistente, e si fermi comunque almeno a 2/3 della profondità di progetto.
- l'infissione dei pali sia arrestata quando si registri il raggiungimento di una delle seguenti condizioni:
  - arrivo alla quota di progetto;
  - misurazione del rifiuto alla battitura (si intende raggiunto il rifiuto quanto l'infissione, corrispondente a 10 colpi di battipalo efficiente, è inferiore a 2 cm).

  In quest'ultimo caso, la DIREZIONE LAVORI ha facoltà di chiedere all'ESECUTORE la ribattitura del palo dopo 24 ore di attesa, per tratti anche superiori a 0,5 m, se motivata da ragioni geotecniche particolari (es. forti sovrappressioni interstiziali).

7.6.2.2. Pali trivellati

7.6.2.2.1. Pali trivellati tradizionali

a) Tecniche ed attrezzature per la perforazione

Le tecniche di perforazione dovranno essere le più adatte in relazione alla natura del terreno attraversato; in particolare:

- la perforazione "a secco" senza rivestimento, di norma, non è ammessa; solo previa autorizzazione della DIREZIONE LAVORI, L'ESECUTORE potrà utilizzarla in caso di terreni fortemente cementati o argillosi caratterizzati da valori della coesione non drenata (cu) che alla generica profondità di scavo (H) soddisfino la seguente condizione:

$$cu \geq \gamma H/3$$

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

dove:
γ = peso dell'unità di volume del terreno
Per i terreni fortemente cementati il valore della coesione sarà determinato con prova di compressione semplice.

- la perforazione "a fango" non è ammessa in terreni molto aperti, privi di frazioni medio-fini, con passante (D = 4 mm) inferiore al 10 %.

7.6.2.2.2. Pali trivellati con fanghi stabilizzanti

a) Preparazione del fango stabilizzante

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che il fango stabilizzante sia preparato ed utilizzato in accordo alle modalità indicate ai punti 7.6.1.4 della presente sezione.

b) Perforazione

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- qualora in fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del calcestruzzo), sia interrotta la perforazione alcuni metri prima ed ultimata solo nell'imminenza del getto;
- in corrispondenza di ciascun palo sia infisso nel terreno un avampozzo provvisorio di lamiera d'acciaio con funzioni di guida dell'utensile, di riferimento per la posizione plano-altimetrica della sommità del palo o di difesa dall'erosione del terreno nelle fasi di immissione e risalita dell'utensile di perforazione. Tale avampozzo dovrà avere diametro e profondità adeguati in relazione alla natura dei terreni attraversati, alle loro caratteristiche idrogeologiche ed ai macchinari utilizzati;
- una volta raggiunte le profondità previste dal progetto, si provveda alla sostituzione del fango di perforazione fino al raggiungimento dei prescritti valori del contenuto in sabbia (vedi paragrafo 7.6.1.4), ed alla eventuale pulizia del fondo foro con gli utensili più adatti (es. clearing bucket o air-lifting);
- dopo aver raggiunto la quota prevista in progetto e immediatamente prima del getto, lo spessore dei depositi sul fondo non superi i 20 cm.

c) Armature

L'ESECUTORE, oltre a quanto richiesto nel paragrafo 7.6.1.1, se non diversamente previsto, dovrà verificare che, nel caso che il palo attraversi strati di sede in falda acquifera in movimento, con pericolo di dilavamento del calcestruzzo in fase di getto e di maturazione, in corrispondenza di questi strati la gabbia sia avvolta da una camicia tubolare di lamierino in acciaio di 8÷10 mm.

d) Getto del calcestruzzo

L'ESECUTORE, dopo aver accertato la conformità a quanto richiesto nel paragrafo 7.6.2.1.1 c, se non diversamente previsto, dovrà verificare che l'assorbimento reale di calcestruzzo non ecceda il valore teorico, riferito al diametro nominale del palo, in misura maggiore del 10÷20 %.

7.6.2.2.3. Pali trivellati con rivestimento provvisorio (tubo-forma estraibile)

a) Infissione del tubo-forma e perforazione terreno

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- il tubo-forma sia costituito da tubi di acciaio, di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni connessi tra loro mediante manicotti esterni filettati o innesti speciali a baionetta, con risalti interni raccordati di spessore non superiore al 2% del diametro nominale. E' ammessa la giunzione

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

per saldatura degli spezzoni, purché non risultino varchi nel tubo che possano dar luogo all'ingresso di terreno o acqua;

- l'infissione della tubazione di rivestimento sia ottenuta imprimendole un movimento rototraslatorio mediante attrezzatura rotary e/o morsa azionata da comandi oleodinamici oppure, in terreni poco o mediamente addensati privi di elementi grossolani e prevalentemente non coesivi, applicandole in sommità un vibratore. In questo secondo caso la tubazione potrà essere suddivisa in spezzoni oppure potrà essere costituita da un unico pezzo di lunghezza pari alla profondità del palo;
- la perforazione da realizzarsi in presenza di trovanti, strati lapidei, murature esistenti, sia eseguita, per la sola parte interessata all'interno del tubo-forma, imprimendo un movimento rototraslatorio mediante una morsa azionata da comandi oleodinamici. Le caratteristiche dei martinetti e del circuito idraulico di funzionamento dovranno essere in grado di sviluppare spinta, momento torcente e serraggio della colonna, adeguati al diametro e alla lunghezza del palo da realizzare;
- l'infissione sotto-scarpa della colonna di rivestimento sia sufficiente ad evitare rifluimenti a fondo foro;
- la perforazione all'interno del tubo di rivestimento sia eseguita mediante:
  - benna automatica con comando a fune o azionata da motore oleodinamico;
  - secchione (bucket) manovrato da un'asta rigida telescopica;

  in entrambi i casi si dovrà conseguire la disgregazione del terreno e l'estrazione dei detriti dal foro;
- la perforazione non sia approfondita al di sotto della parte terminale del tubo forma;
- nel caso di presenza di falda, il foro sia costantemente tenuto pieno d'acqua (o eventualmente di fango stabilizzante) con un livello non inferiore a quello della piezometrica della falda e lo scavo all'interno sia approfondito sino alla quota di progetto.

In terreni sabbiosi si potrà fare ricorso anche ad utensili disgregatori rotanti, con risalita dei detriti per trascinamento ad opera di una corrente ascendente di fango bentonitico.

b) Armature

L'ESECUTORE, dovrà rispettare le prescrizioni riportate al paragrafo 7.6.1.1 della presente sezione.

c) Getto del calcestruzzo

L'ESECUTORE, dovrà rispettare le prescrizioni riportate al paragrafo 7.6.2.1.1 c della presente sezione.

7.6.2.2.4. Pali trivellati ad elica continua

a) Tecniche ed attrezzature per la perforazione

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- si utilizzino escavatori equipaggiati con rotary a funzionamento idraulico o elettrico montato su asta di guida, e dotati di dispositivo di spinta;
- l'altezza della torre e le caratteristiche della rotary (coppia, spinta) siano commisurate alla profondità da raggiungere;
- la perforazione sia eseguita mediante una trivella ad elica continua, di lunghezza e diametro corrispondenti alle caratteristiche geometriche dei pali da realizzare;
- il macchinario di perforazione sia dotato di dispositivo automatico di registrazione in continuo del volume di calcestruzzo gettato in funzione della profondità e del diametro del palo;
- l'anima centrale dell'elica sia cava in modo da consentire il successivo passaggio del calcestruzzo;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- all'estremità inferiore dell'anima dell'elica sia posta una punta a perdere, avente lo scopo di impedire l'occlusione del condotto;
- la perforazione avvenga di norma regolando coppia e spinta in modo da avere condizioni di infissione prossime al perfetto avvitamento;
- il volume di terreno estratto per caricamento della trivella sia non superiore al volume teorico della perforazione;

Qualora si riscontrassero rallentamenti della perforazione in corrispondenza di livelli di terreno intermedi o dell'eventuale strato portante inferiore, l'ESECUTORE, con l'accordo della DIREZIONE LAVORI potrà eseguire prefori di diametro inferiore al diametro nominale dei pali allo scopo di agevolare la perforazione.

b) Getto del calcestruzzo

I conglomerati cementizi dovranno essere conformi a quanto prescritto dal progetto e rispondere ai requisiti richiesti nella Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato.

L'ESECUTORE dovrà sottoporre alla DIREZIONE LAVORI per l'approvazione le caratteristiche prestazionali del calcestruzzo, sia allo stato fresco che allo stato indurito; in ogni caso, la tecnica di posa in opera dell'armatura (a getto ultimato), richiede l'uso di un calcestruzzo che conservi per tutta la durata del riempimento del palo la classe di consistenza S4. L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- l'inizio del getto avvenga solo quando sia assicurata la fornitura del calcestruzzo necessario al completamento dell'intero palo. La cadenza di getto deve assicurare la continuità della colonna di conglomerato;
- il calcestruzzo venga pompato entro il cavo dell'asta di perforazione che verrà progressivamente estratta, di norma senza rotazione;
- l'estrazione dell'asta di trivellazione sia effettuata ad una velocità congruente con la portata di calcestruzzo pompato, adottando tutti gli accorgimenti necessari ad evitare sbulbature eccessive, ovvero a evitare interruzioni del getto;
- il circuito di alimentazione del getto sia provvisto di un manometro di misura della pressione;
- la pressione sia mantenuta costante entro l'intervallo di pressione previsto in relazione al tipo di terreno.

c) Armature

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- la gabbia di armatura sia costruita in conformità con il disegno di progetto e nel rispetto delle specifiche di cui al punto 7.6.1.1 del presente documento;
- siano adottati tutti gli accorgimenti atti ad assicurare il centramento della gabbia d'armatura entro la colonna di calcestruzzo appena formata e, se necessario, che la gabbia sia opportunamente irrigidita;
- l'inserimento della gabbia avvenga immediatamente dopo l'ultimazione del getto, prima che abbia inizio la presa.

Variazioni a tale metodologia dovranno essere approvate dalla DIREZIONE LAVORI.

7.6.2.2.5. Pali con morsa giracolonna

La perforazione necessaria all'esecuzione dei pali da realizzarsi in presenza di trovanti, strati lapidei, murature esistenti, etc., dovrà essere eseguita per la sola parte interessata all'interno di tubo forma provvisorio in acciaio infisso, con movimento rototraslatorio a mezzo di morsa giracolonna.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La tubazione dovrà essere costituita da tubi di acciaio, di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni lunghi da 2 a 2,5 m connessi tra loro mediante manicotti esterni filettati o innesti speciali a baionetta, con risalti interni raccordati di spessore non superiore al 2% del diametro nominale.

L'infissione della tubazione di rivestimento dovrà essere ottenuta imprimendo un movimento rototraslatorio mediante una morsa azionata da comandi oleodinamici.

La perforazione all'interno del tubo di rivestimento potrà essere eseguita mediante:

- benna automatica con comando a fune o azionata da motore oleodinamico;
- secchione (bucket) manovrato da un'asta rigida telescopica;

in entrambi i casi si dovrà conseguire la disgregazione del terreno e l'estrazione dei detriti dal foro.

In terreni sabbiosi si potrà fare ricorso anche ad utensili disgregatori rotanti, con risalita dei detriti per trascinamento ad opera di una corrente ascendente di fango bentonitico.

Nel caso di presenza di falda, il foro dovrà essere costantemente tenuto pieno di fango bentonitico con livello non inferiore a quello della piezometrica della falda.

In generale la perforazione non dovrà essere approfondita al di sotto della parte terminale del tubo forma.

7.7. MICROPALI

7.7.1. Tipologie

Si tratta di pali che hanno un piccolo diametro (diametro del fusto minore di 300 mm per pali trivellati e diametro del fusto o estensione della massima sezione trasversale non maggiore di 150 mm per pali infissi).

Le principali applicazioni secondo le scelte previste dal progetto sono riferibili a:

- opere di fondazioni speciali o sottofondazioni;
- opere di sostegno, paratie di micropali (berlinesi a sbalzo o tirantate);
- interventi di stabilizzazione di pendii o fronti di scavo in genere;
- sostegno di reti paramassi o cucitura di rocce fessurate.

Nella presente Sezione del Capitolato sono trattati i micropali utilizzati nelle opere di fondazione. Per gli altri casi sopra elencati si rimanda alla Sezione 10 "Opere di miglioramento, rinforzo e stabilizzazione" del presente Capitolato.

I micropali dal punto di vista esecutivo si suddividono in:

- micropali cementati mediante iniezioni multiple selettive; IRS: injection répétitive et sélective (tipo "Tubfix");
- micropali a semplice cementazione. IGU: injection globale unique (tipo "Radice").

7.7.1.1. Micropali cementati mediante iniezioni multiple selettive

Sono ottenuti attrezzando le perforazioni di piccolo diametro con tubi metallici dotati di valvole di non ritorno e connessi al terreno circostante mediante iniezioni cementizie eseguite a pressione e volumi controllati.

7.7.1.2. Micropali a semplice cementazione

Sono realizzati inserendo entro una perforazione di piccolo diametro un'armatura metallica e connessi al

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

terreno mediante il getto di una malta o di una miscela cementizia.

L'armatura metallica (continua su tutta l'altezza) può essere costituita in genere:

- da un tubo senza saldature;
- da un profilato metallico della serie UNI a doppio piano di simmetria;
- da una gabbia di armatura costituita da ferri longitudinali correnti del tipo ad aderenza migliorata (a.m.), e da una staffatura esterna costituita da anelli o spirale continua in tondo a.m. o liscio.

La cementazione può avvenire a semplice gravità od a bassa pressione mediante un circuito a tenuta facente capo a un dispositivo posto a bocca foro.

7.7.2. MATERIALI

L'ESECUTORE, fermo restando quanto previsto dal paragrafo 7.5 ("Oneri e Prescrizioni generali") della presente sezione, deve intendere le prescrizioni che seguono, relativamente alle armature metalliche e ai conglomerati cementizi, come integrative di quelle della Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato, che si intendono integralmente applicabili.

L'armatura metallica è costituita da:

- Profilati cavi finiti a caldo conformi alla norma UNI EN 10210;
- Profilati cavi saldati formati a freddo conformi alla norma UNI EN 10219;
- Profilati metallici a doppio piano di simmetria conformi alla norma UNI EN 10025;
- Barre di armatura (eventualmente integrativa) conformi alla norma UNI EN 10080.

Le norme sopra richiamate sono esplicitate al capitolo 7.2 "Documentazione di Riferimento" della presente Sezione.

L'ESECUTORE dovrà effettuare almeno un prelievo per partita omogenea (colata) di tutti i profilati approvvigionati in cantiere al fine di verificarne le caratteristiche meccaniche in conformità a quanto richiesto dal progetto esecutivo approvato.

La DIREZIONE LAVORI potrà richiedere all'ESECUTORE diverse frequenze di prelievo del materiale in base all'importanza dell'opera.

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- le giunzioni siano realizzate a mezzo di manicotto filettato esterno;
- le caratteristiche delle giunzioni (filettatura, lunghezza, sezioni utili) consentano una trazione pari al 100% del carico a compressione di progetto allo SLE. È previsto un prelievo di tubazione giuntata, per fornitura omogenea, in modo da poter effettuare le prove di verifica a trazione;
- le valvole di iniezione, ove previste, siano del tipo a "manchette", ovvero costituite da una guarnizione in gomma, tenuta in sede da due anelli metallici saldati esternamente al tubo, sul quale, in corrispondenza di ciascuna valvola, sono praticati almeno 2 fori Φ 8 mm;
- i profilati siano costituiti da elementi unici;
- il mix relativo alle malte e miscele cementizie di iniezione sia preventivamente approvato dalla DIREZIONE LAVORI e contenga le prescrizioni relative a cemento, aggregati, acqua e additivi, in conformità a quanto contenuto nella Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

7.7.3. MODALITA' ESECUTIVE

7.7.3.1. Tecniche ed attrezzature per la perforazione

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, oltre al rispetto di quanto previsto al punto 7.5, dovrà verificare che:

- le perforazioni siano eseguite in presenza di rivestimento, con circolazione di fluidi di perforazione per l'allontanamento dei detriti e per il raffreddamento dell'utensile;
- i fluidi di perforazione consistano in:
  - acqua;
  - fanghi;
  - aria, nel caso di perforazione a rotopercussione con martello a fondo foro o in altri casi proposti dall'ESECUTORE ed approvati dalla DIREZIONE LAVORI;
- sia comunicata alla DIREZIONE LAVORI l'adozione della perforazione senza rivestimenti, con impiego di fanghi stabilizzanti;
- la perforazione sia eseguita mediante sonda a rotazione o rotopercussione, con rivestimento continuo e circolazione di fluidi, fino a raggiungere la profondità di progetto;
- per la circolazione del fluido di perforazione siano utilizzate pompe a pistoni con portate e pressioni adeguate. Si richiedono valori minimi di 200 l/min. e 25 bar, rispettivamente;
- nel caso di perforazione a rotopercussione con martello a fondo foro si utilizzino compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:
  - portata>l0 mc /min;
  - pressione 8 bar.

La perforazione "a secco" senza rivestimento di norma non è ammessa; solo previa autorizzazione della DIREZIONE LAVORI, L'ESECUTORE potrà utilizzarla in caso di terreni fortemente cementati o argillosi caratterizzati da valori della coesione non drenata (cu) che, alla generica profondità di scavo (H), soddisfino la seguente condizione:

$$cu \geq \gamma H/3$$

dove:
γ = peso dell'unità di volume del terreno.

Per i terreni fortemente cementati il valore della coesione sarà determinato con prova di compressione semplice.

7.7.3.2. Micropali cementati mediante iniezioni multiple selettive

a) Allestimento del micropalo

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- completata la perforazione, si provveda a rimuovere i detriti presenti nel foro, o in sospensione nel fluido di perforazione, prolungando la circolazione del fluido stesso fino alla sua completa chiarificazione;
- venga quindi inserita l'armatura tubolare valvolata, munita di centratori, fino a raggiungere la profondità di progetto; sono preferibili i centratori non metallici;
- il tubo sia prolungato fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezione;
- si proceda immediatamente alla cementazione del micropalo (guaina);

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- la messa in opera delle armature di frettaggio, ove previste, sia eseguita successivamente all'iniezione.

b) Formazione della guaina

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- non appena completata la messa in opera del tubo valvolato di armatura, si provveda immediatamente alla formazione della guaina cementizia, iniettando attraverso la valvola più profonda un quantitativo di miscela sufficiente a riempire l'intercapedine tra le pareti del foro e la parete esterna dell'armatura tubolare;
- contemporaneamente si proceda alla estrazione dei rivestimenti provvisori, quando utilizzati, e si effettuino i necessari rabbocchi di miscela cementizia;
- completata l'iniezione di guaina, si provveda a lavare con acqua il cavo interno del tubo di armatura.

c) Iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- trascorso un periodo di 12 - 24 ore (tempo in cui la miscela di guaina dovrà raggiungere la resistenza richiesta dal progetto esecutivo approvato) dalla formazione della guaina, si dia luogo alla esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio;
- si proceda valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione;
- la massima pressione di apertura delle valvole non superi il limite di 60 bar (6 MPa); in caso contrario la valvola deve essere abbandonata;
- ottenuta l'apertura della valvola, si dia luogo all'iniezione in pressione fino ad ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti dal progetto (per pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito);
- l'iniezione sia tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min, nel rispetto dei valori di progetto, e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage);
- i volumi di iniezione siano di norma non inferiori a tre volte il volume teorico del foro, e comunque conformi alle prescrizioni di progetto;
- nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione di rifiuto, la valvola sia nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12 - 24 ore;
- fino alla conclusione delle operazioni di iniezione, al termine di ogni fase si proceda al lavaggio interno del tubo d'armatura.

7.7.3.3. Micropali a semplice cementazione

7.7.3.3.1. Riempimento a gravità

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- il riempimento del foro, dopo la posa delle armature, avvenga tramite un tubo di alimentazione disceso fino a 10-15 cm dal fondo, collegato alla pompa di mandata o agli iniettori;
- nel caso si adotti una miscela contenente aggregati sabbiosi, ovvero con peso di volume superiore a quello degli eventuali fanghi di perforazione, il tubo convogliatore sia dotato superiormente di un imbuto o tramoggia di carico; si potrà anche procedere al getto attraverso l'armatura, se tubolare e di diametro interno > 80 mm;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- il riempimento sia proseguito fino a che la malta immessa risalga in superficie senza inclusioni o miscelazioni con il fluido di perforazione;
- venga accertata la necessità o meno di effettuare rabbocchi, da eseguire preferibilmente tramite il tubo di convogliamento.

Nel caso di malta con aggregati fini o di miscela cementizia pura, senza aggregati, si potrà usare, per il getto, l'armatura tubolare solo se di diametro interno inferiore a 50 mm; in caso diverso si dovrà ricorrere ad un tubo di convogliamento separato con un diametro contenuto entro i limiti sopracitati.

7.7.3.3.2. Riempimento a bassa pressione

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- il foro sia interamente rivestito;
- la posa della malta o della miscela avvenga in un primo momento entro il rivestimento provvisorio tramite un tubo di convogliamento come descritto al paragrafo precedente;
- successivamente venga applicata al rivestimento una idonea testa a tenuta alla quale si invierà aria in pressione (0.5 - 0.6 MPa) mentre si solleverà gradualmente il rivestimento fino alla sua prima giunzione;
- si smonti la sezione superiore del rivestimento e si applichi la testa di pressione al tratto residuo di rivestimento, previo rabboccamento dall'alto per riportare a livello la malta;
- si proceda analogamente per le sezioni successive fino a completare l'estrazione del rivestimento.

7.8. CONTROLLI

I controlli da effettuare dopo la realizzazione e prima dell'utilizzo, per assicurare che i pali/micropali in esame diano le garanzie di resistenza e rispetto delle caratteristiche prestazionali richieste dal progetto esecutivo approvato, si distinguono in tre tipi:

- controlli di resistenza meccanica sotto carico;
- controlli di integrità mediante prove di ammettenza meccanica (solo per i pali);
- controlli di integrità mediante prove di controllo sonico (solo per i pali).

L'esecuzione di tutte le prove previste dovrà essere descritta dall'ESECUTORE preliminarmente nella relazione tecnico-operativa (vedi paragrafo 7.5.1).

L'ESECUTORE per ogni opera dovrà presentare alla DIREZIONE LAVORI, una relazione tecnica contenente il resoconto di tutte le prove eseguite in accordo alle prescrizioni riportate nel paragrafo 7.8.1 d.

7.8.1. PROVE IN CORSO D'OPERA

Si definiscono prove in corso d'opera, le prove effettuate su pali e micropali della fondazione, dei quali non bisogna compromettere l'integrità; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (P_{max}) è $\geq$ 1,5 volte l'azione di progetto Pr, utilizzata per le verifiche SLE (combinazione rara).

La finalità della prova in corso d'opera è quella di verificare che:

- non esistano gravi deficienze esecutive nel palo/micropalo;
- il palo/micropalo abbia un comportamento conforme alle previsioni progettuali sotto le azioni di progetto;
- non vi sia eccessiva disomogeneità di comportamento tra i pali/micropali di una stessa palificata.

a) Estensione delle prove

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

L'ESECUTORE dovrà effettuare per ogni opera, avente caratteristiche strutturali e geotecniche omogenee, prove di carico assiale sui pali e micropali di progetto adottando almeno le seguenti frequenze di prova:

- n. 1 prova se il numero di pali è inferiore o uguale a 20;
- n. 2 prove se il numero di pali è compreso tra 21 e 50;
- n. 3 se il numero di pali è compreso tra 51 e 100;
- n. 4 se il numero di pali è compreso tra 101 e 200;
- n. 5 se il numero di pali è compreso tra 201 e 500;
- il numero intero più prossimo al valore 5 + n/500, se il numero n di pali è superiore a 500.

E' consentito ridurre il numero di prove statiche minimo sopra indicato fino al limite dell'1% dei pali realizzati, con un minimo di 2. In tale caso deve essere garantita l'effettuazione delle prove cross-hole sul 100% delle predisposizioni, ferme restando le rimanenti prescrizioni di cui al paragrafo 6.4.3.7.2 del D.M Infrastrutture 14 gennaio 2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".

L'individuazione dei pali/micropali da sottoporre a prova sarà sempre concordata con la DIREZIONE LAVORI, la quale, in considerazione dell'omogeneità dei terreni in cui è ubicato il lotto di pali/micropali e dei risultati delle eventuali prove a carico limite eseguite per pali/micropali dello stesso diametro, potrà modificare la scelta dei pali/micropali da sottoporre a prova di carico.

b) Attività preliminari alle prove

Prima della prova l'ESECUTORE dovrà verificare, in accordo con le relative prescrizioni contenute nella presente sezione, e con quanto preliminarmente approvato dalla DIREZIONE LAVORI (vedi paragrafo 7.5), che concorrano le seguenti condizioni:

- corretta predisposizione della testa del palo/micropalo;
- corretta disposizione dei dispositivi per l'applicazione e la misura del carico.

All'atto della prova l'ESECUTORE dovrà poi controllare la corretta applicazione del carico, in accordo con la documentazione presentata ed approvata dalla DIREZIONE LAVORI e con quanto specificato nella presente sezione.

c) Modalità di prova

L'ESECUTORE eseguirà tutte le prove di carico sui pali/micropali in accordo con tutte le prescrizioni richiamate nelle norme di riferimento indicate al capitolo 7.2 e al paragrafo 7.7.1.

Salvo diverse indicazioni di progetto le prove di carico statico dovranno essere eseguite effettuando n.2 cicli di carico-scarico, raggiungendo nel primo ciclo il carico assiale pari all'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE (combinazione rara) e nel secondo ciclo il carico massimo di prova, ovvero il medesimo carico assiale moltiplicato per 1,5 volte. Le modalità di applicazione del carico dovranno essere effettuate mediante incrementi e decrementi graduali in accordo con le indicazioni della DIREZIONE LAVORI.

d) Resoconto delle prove

Alla fine delle prove l'ESECUTORE dovrà redigere una scheda che contenga, per ogni palo/micropalo, i seguenti dati:

- il numero di identificazione del palo rispetto alla planimetria (vedi paragrafo 7.5.1) e le caratteristiche nominali del palo (lunghezza, diametro);
- la stratigrafia del terreno rilevata durante la perforazione (pali trivellati);
- le caratteristiche della prova (dispositivo di contrasto, travi portamicrometri, carico applicato);
- la disposizione, le caratteristiche ed i certificati di taratura della strumentazione;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- la scheda tecnica del palo, redatta all'atto dell'esecuzione;
- l'ora di esecuzione delle varie operazioni di prova;
- la temperatura riscontrata all'atto delle prove;
- il tempo progressivo di applicazione del carico;
- le corrispondenti misurazioni di ogni comparatore e i relativi valori medi;
- le note e le eventuali osservazioni;
- le tabelle ed i diagrammi completi delle letture tempo-carico-cedimento con le indicazioni dei singoli comparatori e la loro media aritmetica; ([1])
- interpretazione dei risultati della prova in relazione ai valori di progetto.

7.8.2. PROVE SU PALI STRUMENTATI

Quando richiesto dal progettista, le prove di carico assiali, oltre che di definire la curva carico-cedimento alla testa del palo, avranno lo scopo di valutare l'entità e la distribuzione del carico assiale e la curva di mobilitazione dell'attrito lungo il palo. Pertanto dovranno essere predisposte preliminarmente una serie di sezioni strumentate nel fusto e alla base del palo stesso, in conformità alle indicazioni di progetto.

In tale circostanza, previa approvazione da parte della DIREZIONE LAVORI, il massimo carico assiale di prova potrà essere posto pari a 1,2 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE.

7.8.3. PROVE DI CONTROLLO SONICO

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, per le attrezzature, i dispositivi e le metodologie di prova, dovrà verificare la conformità con quanto di seguito descritto.

Le prove di controllo sonico consistono in:

- carotaggio sonico;
- prove cross-hole.

7.8.3.1. Carotaggio sonico

7.8.3.1.1. Descrizione della prova

Il metodo di prova consiste nella esecuzione di un carotaggio nel palo già eseguito e nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo circostante, seguendo un percorso parallelo all'asse del palo.

La sonda sonica è composta da un elemento emettitore ed uno ricevitore, distanziati normalmente di 0,50 m in verticale.

7.8.3.1.2. Frequenza di esecuzione

La DIREZIONE LAVORI potrà richiedere l'esecuzione di carotaggi meccanici, verticali o comunque inclinati, per l'esecuzione di prove soniche. In tal caso le prove potranno essere richieste fino al limite del 5% dei pali realizzati. Nel caso di anomalie o risultati non soddisfacenti, il numero di prove potrà essere aumentato a giudizio della DIREZIONE LAVORI. I fori eseguiti per i suddetti carotaggi dovranno essere reintegrati con iniezioni di malta di cemento di adeguata densità ed addizionata con additivo anti-ritiro in modo da ottenere la completa cementazione dei fori stessi.

[1] Sono richieste anche le fotocopie chiaramente leggibili della documentazione originale di cantiere ("verbale").

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

7.8.3.1.3. Modalità di esecuzione

La sonda viene fatta scorrere all'interno del foro ad intervalli regolari di profondità, almeno ogni 5 cm; l'elemento emettitore genera un impulso che raggiunge il ricevitore dopo essersi propagato nel calcestruzzo.

Il risultato delle misure è una diagrafica a "densità variabile" che visualizza lo stato di integrità oppure la presenza di anomalie del calcestruzzo.

A giudizio della DIREZIONE LAVORI, in alternativa alla prova come sopra descritta, si potrà procedere a prove del tipo vibrazionale eseguite dalla testa del palo.

7.8.3.1.4. Documentazione della prova

L'esito delle prove sarà registrato in una apposita scheda in cui saranno indicati, per ogni palo:

- dati identificativi del palo rispetto alla planimetria (vedi paragrafo 7.5);
- l'ora di esecuzione delle varie operazioni di prova;
- la temperatura riscontrata all'atto delle prove;
- il tipo di sonda sonica impiegata ed i relativi certificati di taratura;
- le misurazioni effettuate ad ogni avanzamento della sonda;
- il diagramma completo con tutte le misurazioni in funzione degli avanzamenti;

7.8.3.2. Prove cross-hole

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, per le attrezzature, i dispositivi e le metodologie di prova, dovrà verificare la conformità con quanto di seguito descritto.

7.8.3.2.1. Descrizione della prova

Le misure di cross-hole sonico (impulso su percorso orizzontale) consistono nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo interposto tra tubi di misura.

Per l'esecuzione della prova è necessario aver predisposto tre tubi (solidali alla gabbia d'armatura) all'interno del palo prima dell'esecuzione del getto (per i pali trivellati ad elica continua, i tre tubi dovranno essere comunque solidali alla gabbia d'armatura e calati nel foro subito dopo il getto).

7.8.3.2.2. Frequenza delle prove

L'ESECUTORE dovrà predisporre, prima dell'esecuzione del getto e secondo le indicazioni della DIREZIONE LAVORI, il 30% dei pali non in alveo per l'effettuazione del controllo dell'esecuzione con il metodo "cross hole". Per i pali in alveo e in zone golenali questa predisposizione dovrà essere estesa al 100% dei pali.

L'attrezzaggio dovrà essere eseguito mediante la predisposizione di almeno tre tubazioni metalliche o in PVC a 120° preassemblate sull'armatura del palo, aventi diametro interno non inferiore ad 1 pollice e mezzo. L'utilizzo di tubazioni in PVC è subordinato all'approvazione della DIREZIONE LAVORI.

Prima dell'esecuzione della prova i tubi devono essere riempiti con acqua dolce.

La prova dovrà essere eseguita sui pali indicati dalla DIREZIONE LAVORI, e dovrà riguardare 1/3 dei pali predisposti. Nel caso di anomalie o risultati non soddisfacenti il numero di prove potrà essere aumentato a giudizio della DIREZIONE LAVORI.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

7.8.3.2.3. Modalità di esecuzione

In uno dei fori predisposti viene introdotta la sonda emettitrice, nell'altro quella ricevente. Le due sonde vengono contemporaneamente fatte scorrere all'interno dei due tubi; ad intervalli regolari di profondità la sonda emettitrice genera un impulso sonico che raggiunge l'altra sonda dopo aver attraversato il calcestruzzo. L'esito delle prove sarà registrato con strumentazioni digitali.

7.8.3.2.4. Documentazione della prova

Vedi paragrafo 7.8.3.1.4

7.8.4. PROVE DI AMMETTENZA MECCANICA (TRANSIENT DYNAMIC RESPONSE TEST)

L'ESECUTORE se non diversamente previsto, per le attrezzature, i dispositivi e le metodologie di prova, dovrà verificare la conformità con quanto di seguito descritto.

Le prove di ammettenza meccanica, anche dette ecometriche, potranno essere eseguite, a discrezione della DIREZIONE LAVORI, su pali non sottoposti ad altra prova (a meno di quelle necessarie per le correlazioni con i risultati delle cross hole) ed aventi caratteristiche (dimensioni, materiali, terreno, ecc.) identiche a quelle di pali assoggettati alla prova di carico assiale. Lo scopo è verificare, in modo non distruttivo, la profondità e l'eventuale presenza di difetti lungo l'altezza dei pali.

7.8.4.1. Descrizione della prova

Il principio su cui si basano le prove ecometriche, è quello dell'analisi della propagazione delle onde elastiche all'interno di un mezzo continuo. Il palo viene messo in vibrazione da una forza impulsiva assiale esercitata mediante l'impiego di un semplice martello. L'onda di compressione generata dal colpo del martello sull'estremità superiore del palo si propaga verso il basso all'interno del palo stesso; giunta alla base in assenza di discontinuità, l'onda subisce una parziale riflessione verso l'alto ed alla testa del palo essa è rilevata da un geofono.

7.8.4.2. Modalità di esecuzione

Il palo deve essere preparato mediante spianamento e regolarizzazione della testa; lo spessore della malta deve essere non superiore a 5 cm.

Nel caso di impiego di eccitatore a masse eccentriche, occorre inserire nella testa del palo dei tirafondi di ancoraggio.

Vengono inseriti i dati riguardanti il palo da investigare e si impostano i fattori di elaborazione del segnale (filtri, amplificazione del segnale, velocità di propagazione, ecc.). Il sensore (geofono), collegato alla centralina, viene posto a contatto con la testa del palo da investigare, e con il martello si batte un colpo. L'onda d'urto prodotta e la risposta del palo vengono registrati ed elaborati dalla centralina elettronica e quindi visualizzati sul display.

L'eccitazione dinamica può essere ottenuta anche mediante un eccitatore a masse eccentriche, in grado di applicare una forza oscillante secondo una sinusoide di frequenza nota, variabile in genere da 20 a 100 Hz.

La risposta fornisce un "riflessogramma" mediante la cui analisi si diagnostica la presenza di eventuali difetti nel palo e la sua lunghezza.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

7.8.4.3. Documentazione della prova

Oltre a quanto indicato al paragrafo 7.8.3.1.4 e ai dati generali identificativi del palo e delle condizioni di esecuzione della prova, devono essere riportati nella documentazione tutti i diagrammi e i risultati delle misure effettuate.

7.9. TOLLERANZE DI COSTRUZIONE

7.9.1. OBIETTIVI

Il presente paragrafo indica i valori delle tolleranze di costruzione ritenute significative per stabilire l'accettazione di opere/parti d'opera realizzate dall'Esecutore.

Il rispetto delle tolleranze indicate significa conformità dell'opera al progetto.

Valori riscontrati eccedenti i limiti di seguito indicati comportano l'apertura di non conformità e il relativo trattamento (demolizione, rilavorazione, riparazione, accettazione tal quale con eventuale detrazione o deprezzamento).

7.9.2. DEFINIZIONI

- Tolleranza: intervallo entro il quale deve essere compreso il valore effettivo di un certo parametro per ritenere il manufatto conforme e remunerabile secondo contratto.
- Valore teorico : valore di un parametro indicato in progetto.
- Valore effettivo : valore del parametro richiesto misurato sul manufatto costruito.
- Precisione: minima entità della misura che si deve essere in grado di rilevare, ovvero livello di apprezzamento strumentale.
- Valore nominale: prescrizione contrattuale (progetto, capitolato).

7.9.3. MODALITÀ DI LETTURA

Le tolleranze non sono cumulative. In caso di più di una indicazione, è sempre vincolante quella più restrittiva.

Una tolleranza positiva (+) aumenta il valore o la dimensione alla quale essa è applicata o alza la quota di un livello.

Una tolleranza negativa (-) diminuisce il valore o la dimensione alla quale essa è applicata o abbassa la quota di un livello.

Una tolleranza priva di segno è da intendersi positiva (+) e negativa (-).

Ove è precisata una tolleranza con un singolo segno positivo (+) o negativo (-) non esiste limite nel campo restante.

Nella colonna "ulteriore limitazione" viene indicato il limite massimo della tolleranza ammessa in valore assoluto.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Tabella 7.9.1: Tolleranze

OGGETTO DEL CONTROLLO		DESCRIZIONE PARAMETRO DI CONTROLLO	UNITA' DI MISURA	PRECISIONE	VALORE NOMINALE	TOLLERANZA		ULTERIORE LIMITAZIONE	
1- PALO TRIVELLATO	1.1	Coordinate planimetriche centro palo (generico)	mm	5	di progetto	10% Φ		75	
	1.2	Coordinate planimetriche centro palo (paratia di pali)	mm	5	di progetto	5% Φ		50	
	1.3	Verticalità (palo in gruppo, completamente interrato)	%	0.4	0	2			
	1.4	Verticalità (paratia di pali)	%	0.4	0	1			
	1.5	Inclinazione (palo inclinato)	%	0.4	di progetto	4			
	1.6	Lunghezza "L" palo	mm	20	di progetto	L/100			
	1.7	Diametro "Φ" palo finito	mm	5	di progetto	-2% Φ	+5% Φ		
	1.8	Quota testa palo	mm	10	di progetto	50			
	1.9	Interasse "i" staffe palo	mm	5	di progetto	-20% i	+10% i		
	1.10	Copriferro armatura metallica palo	mm	1	60	-10			
	1.11	Spessore lamierino di protezione	mm	0.1	di progetto	-0.5			
2- MICROPALO	2.1	Coordinate planimetriche centro micropalo	mm	5	di progetto	10% Φ		20	
	2.2	Verticalità micropalo	%	0.4	0	2			
	2.3	Direzione asse micropalo (inclinato)	%	1/250	di progetto	4			
	2.4	Lunghezza micropalo	mm	10	di progetto	L/100			
	2.5	Diametro "Φ" micropalo finito	mm	5	di progetto	-2% Φ	+5% Φ		
	2.6	Quota testa palo	mm	10	di progetto	50			
3-PALO BATTUTO IN CLS	3.1	Dimensione sezione retta	mm	1	di progetto	-1	6		
	3.2	Deviazione dalla linearità (misurata su 3 m di lunghezza)	mm	1	0	6			
	3.3	Distanza del centro di una generica sezione retta, dalla linea retta congiungente i centri delle due sezione estreme (distanti "L")	mm	1	0	L/500	L/500		

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI

PARTE II - SEZIONE 8
PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE

8.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
8.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
8.3 DEFINIZIONI
8.4 ABBREVIAZIONI
8.5 ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI
8.6 MATERIALI
8.7 MODALITA' ESECUTIVE
8.8 CONTROLLI FINALI
8.9 TOLLERANZE DI COSTRUZIONE

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/06/2014	Emissione per Applicazione	A. Latorre	F. Iacobini	P. Firmi

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

INDICE

8.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE 4
8.1.1. CAMPO DI APPLICAZIONE 4
8.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO 4
8.2.1. NORMATIVA NAZIONALE 4
8.2.2. NORMATIVA FERROVIARIA 5
8.3. DEFINIZIONI 5
8.4. ABBREVIAZIONI 5
8.5. ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI 5
8.5.1. CAMPO PROVA 6
8.6. MATERIALI 6
8.6.1. ARMATURE E CONGLOMERATO CEMENTIZIO 6
8.6.2. FANGHI STABILIZZANTI 7
8.6.3. PALANCOLE METALLICHE 7
8.7. MODALITA' ESECUTIVE 7
8.7.1. PARATIE DI PALI 7
8.7.2. DIAFRAMMI 7
8.7.2.1. Prescrizioni generali 7
8.7.2.2. Piani di lavoro 8
8.7.2.3. Cordoli guida 8
8.7.2.4. Perforazione 9
8.7.2.4.1. Scavo con benna mordente *9*
8.7.2.4.2. Scavo con idrofresa *9*
8.7.2.5. Dispositivi per la formazione dei giunti 10
8.7.2.6. Armature 10
8.7.2.7. Getto del calcestruzzo 10
8.7.3. PALANCOLATI 11
8.7.3.1. Prescrizioni generali 11
8.7.3.2. Infissione 12
8.7.3.3. Estrazione 12
8.8. CONTROLLI FINALI 12
8.8.1. PROVE DI CONTROLLO SONICO 13
8.8.1.1. Modalità di prova 13
8.8.1.2. Documentazione della prova 14
8.9. TOLLERANZE DI COSTRUZIONE 14
8.9.1. OBIETTIVI 14

8.9.2. DEFINIZIONI 14
8.9.3. TOLLERANZE DI COSTRUZIONE: MODALITÀ DI LETTURA 15

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

8.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

8.1.1. CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione del capitolato si applica alle seguenti tipologie di paratie:

- Pali accostati/secanti
- Diaframmi in c.a.
- Palancolate metalliche ed in c.a. prefabbricate.

L'utilizzo di palancole in acciaio è limitato alle sole opere provvisionali; per opere permanenti si farà ricorso a diaframmi in c.a. o paratie di pali, sempre in c.a.
Per la tipologia di paratia di micropali accostati si rimanda alla Sezione "Opere di Miglioramento, Rinforzo e Stabilizzazione" del presente Capitolato.
Si precisa che per le possibili modalità di gestione dei materiali di risulta relativi alla realizzazione delle opere di cui alla presente sezione in qualità di sottoprodotti e/o in qualità di rifiuti, si rimanda ai documenti specialistici di riferimento (progetto e documenti contrattuali) nonché a quanto disciplinato dalla normativa ambientale vigente (D.Lgs. 152/06 e s.m.i., D.M. 161/2012, D.M. 05/02/98 e s.m.i., D.M. 27/09/2010, etc.).

8.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo.
Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento. Costituiscono oggetto di riferimento normativo, da intendersi non esaustivo. In ogni caso viene considerata valida l'edizione della norma vigente al momento del ritiro dei documenti di gara, nonché l'eventuale aggiornamento intercorso a valle di questo purché concordato tra le parti; in caso di discordanza tra diverse normative, vale l'interpretazione più favorevole per Rete Ferroviaria Italiana.

8.2.1. NORMATIVA NAZIONALE

- D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare 02 febbraio 2009 n° 617/ C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008"
- D.Lgs.03 aprile 2006 n° 152"Norme in materia ambientale"
- UNI EN 1536:2010 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Pali trivellati"
- UNI EN 1537:2013 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Tiranti di ancoraggio"
- UNI EN 1538:2010 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Diaframmi"
- UNI EN 10248-1:1997 "Palancole laminate a caldo di acciai non legati – Condizioni tecniche di fornitura"
- UNI EN 10248-2:1997 "Palancole laminate a caldo di acciai non legati – Tolleranze dimensionali e di forma"
- UNI EN 10249-1:1997 "Palancole profilate a freddo di acciai non legati – Condizioni tecniche di fornitura"
- UNI EN 10249-2:1997 "Palancole profilate a freddo di acciai non legati – Tolleranze dimensionali e di forma"
- UNI EN 12063:2002 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Palancolate"

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

8.2.2. NORMATIVA FERROVIARIA

- RFI DTC INC CS SP IFS 001 A "Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie"

In generale dovranno considerarsi tutte le norme tecniche internazionali e nazionali di riconosciuto valore.
Ai fini del presente capitolato, possono essere considerate di riconosciuto valore:

- Normative Europee (EURONORME)
- Normative ISO
- Norme tecniche nazionali e linee guida, francesi e italiane

8.3. DEFINIZIONI

Contratto: contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l'acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l'esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla stazione appaltante;
Direzione lavori: ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali;
Direttore dei lavori: soggetto che ha la responsabilità del coordinamento e della supervisione dell'attività di tutto l'ufficio di direzione dei lavori, ed interloquisce in via esclusiva con l'esecutore in merito agli aspetti tecnici ed economici del contratto. Cura che i lavori siano eseguiti a regola d'arte ed in conformità al progetto e al contratto.
ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor ,Contraente Generale)
FERROVIE: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (Direzione Lavori, Alta sorveglianza)
Prova: forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni delle FERROVIE.
Pali accostati/secanti: elementi di paratia (o di fondazione) realizzati dalla superficie secondo le specifiche di costruzione dei pali di cui alla Sezione "Pali e micropali" del presente Capitolato. Possono essere affiancati o secanti secondo gli interassi di progetto (in una o più file).
Diaframmi: elementi di paratia o di fondazione, realizzati dalla superficie sostituendo il terreno con un conglomerato cementizio armato. Lo scavo ed il getto sono di solito eseguiti per elementi singoli (pannelli).
Palancolato: elemento di una paratia realizzato mediante l'infissione nel terreno di profilati metallici i cui bordi longitudinali sono sagomati in modo da realizzare un'opportuna guida all'infissione e una tenuta dell'elemento adiacente, oppure da elementi in c.a. rinforzati in punta mediante taglienti in acciaio di adeguati spessori e forme, in relazione al tipo di terreno attraversato.

8.4. ABBREVIAZIONI

PVC: Cloruro Polivinile
SLE: Stati Limite di Esercizio

8.5. ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI

L'ESECUTORE, fermo restando quanto previsto dalle "Disposizioni generali" del presente Capitolato, che devono intendersi totalmente richiamate, se non diversamente prescritto, dovrà:

- verificare che le prescrizioni indicate al par.7.5 della Sezione "Pali e micropali" del presente Capitolato siano tutte soddisfatte, intendendo riferito ad ogni singolo pannello quanto previsto per il palo/micropalo;
- presentare alla DIREZIONE LAVORI una relazione con il progetto del campo prova (ove questo sia previsto dal progetto) di cui al successivo punto 8.5.1, in cui siano indicati la stratigrafia dell'area, le

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

attrezzature utilizzate e la planimetria con ubicati gli elementi di paratia (nel caso non sia previsto il campo prova tali informazioni devono confluire nella relazione di cui al punto successivo);

- presentare alla DIREZIONE LAVORI insieme alla relazione tecnica finale del campo prova una relazione tecnico – operativa, così come indicato al paragrafo 7.5.1 della Sezione "Pali e micropali" del presente Capitolato, che dovrà pertanto contenere:
  - una planimetria riportante la posizione di tutti gli elementi di paratia, (con indicazione di quelli da attrezzare con una specifica strumentazione di prova), contrassegnati da un numero progressivo indicativo di ciascun elemento; le date ed il programma delle prove dovranno essere altresì comunicati a Rete Ferroviaria Italiana con almeno 7 giorni di anticipo sulle date di inizio;
  - il programma di esecuzione delle opere, nel quale sia indicata la successione cronologica prevista per tutti gli elementi di paratia;
  - tutte le caratteristiche delle attrezzature, gli utensili e le modalità di scavo previste, in modo da assicurare il raggiungimento delle profondità di progetto, l'attraversamento di strati di terreno lapidei o cementati, l'eventuale ammorsamento nel sub-strato roccioso, la rimozione di massi di scogliere, trovanti, materiali metallici o altro che possa ostacolare la costruzione. Inoltre nella relazione andranno descritte le modalità e le attrezzature necessarie all'infissione delle palancole;
- provvedere a tutte le operazioni preliminari, quali la formazione di piazzole di lavoro nonché la costruzione e la successiva demolizione dei cordoli di guida;
- rimuovere tutte le palancole e segnalare preventivamente alla DIREZIONE LAVORI quelle che non potranno a qualsiasi titolo essere recuperate;
- verificare (e documentare) tutte le caratteristiche e funzionalità dei fanghi utilizzati per il sostegno dello scavo;
- ripristinare qualunque perdita di fango stabilizzante e segnalare alla DIREZIONE LAVORI l'eventuale maggior impiego di calcestruzzo conseguente alla rimozione dei suddetti eventuali ostacoli o al ritrovamento di cavità.

8.5.1. CAMPO PROVA

Prima dell' inizio delle lavorazioni dovrà essere eseguito, ove previsto dal progetto, un idoneo campo prova "fuori opera" per verificare la funzionalità delle attrezzature e delle metodologie operative. Dovranno essere realizzati o infissi almeno 3 elementi di paratia.
Nel caso di pannelli o pali, questi dovranno essere tutti attrezzati con tubi idonei per l' esecuzione di prove soniche; nel caso in cui sia previsto il contatto fisico tra tutti i pannelli, le prove dovranno interessare anche il giunto.
Le gabbie di armatura dovranno essere attrezzate con tubi inclinometrici, (4 per i pannelli e 2 per i pali) per la verifica della loro verticalità.
Le scanalature dei tubi inclinometrici dovranno essere parallele agli assi principali del pannello.
La lettura inclinometrica dovrà essere eseguita sulle 4 guide con sonda biassiale e prima di queste dovranno essere eseguite le opportune misure di spiralatura.

8.6. MATERIALI

8.6.1. ARMATURE E CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Per quanto concerne le caratteristiche delle armature e dei conglomerati cementizi, si rimanda alle prescrizioni di cui alla Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" e alla Sezione "Pali e micropali" del presente Capitolato.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

8.6.2. FANGHI STABILIZZANTI

Allo scopo di garantire il sostegno delle pareti dello scavo, durante l'esecuzione dei diaframmi/pali l'ESECUTORE dovrà utilizzare fluidi di supporto rappresentati da sospensione di bentonite che soddisfino i requisiti di accettazione previsti nella norma EN 1538 e EN 1536 e richiamati nella seguente tabella.
In condizioni normali la sospensione dovrà rispettare le seguenti caratteristiche:

Tabella 8.6.1

PROPRIETA'	STADI		
	Fresca	Pronta per il riutilizzo	Prima della posa in opera del calcestruzzo
Densità in g/ml	< 1,10	<1,25	<1,15
Valore Marsh in sec	da 32 a 50	da 32 a 60	da 32 a 50
pH	da 7 a 11	da 5 a 12	n.a*
Contenuto in sabbia in %	n.a.*	n.a.*	<4
Strato di fango dovuto alla filtrazione (filtercake) in mm	<3	<6	n.a.*

* n.a.: non applicabile

In condizioni particolari (alta permeabilità, cavità, alti livelli piezometrici, ecc.) i valori della precedente tabella potranno essere modificati.
In questo caso dovrà essere presentata una relazione tecnica alla DIREZIONE LAVORI in cui siano indicate le nuove caratteristiche della sospensione.
Le soluzioni polimeriche, possibilmente con aggiunta di bentonite, potranno essere utilizzate come fluidi di supporto dopo autorizzazione della DIREZIONE LAVORI, comunque solo in presenza di terreni coesivi previa presentazione di uno studio idoneo e l'esecuzione di prove in sito su scala naturale.

8.6.3. PALANCOLE METALLICHE

Le palancole devono essere conformi alle seguenti norme:
UNI EN 10248-1, UNI EN 10248-2, UNI EN 10249-1, UNI EN 10249-2.

8.7. MODALITA' ESECUTIVE

8.7.1. PARATIE DI PALI

Per le modalità esecutive dei pali si rimanda alla Sezione 7 "Pali e micropali" del presente Capitolato.

8.7.2. DIAFRAMMI

8.7.2.1. Prescrizioni generali

L'ESECUTORE fermo restando quanto previsto dal paragrafo 8.5 ("Oneri e Prescrizioni generali"), se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- nell'esecuzione dei diaframmi siano adottati tutti gli accorgimenti necessari a realizzare l'opera conformemente ai requisiti progettuali, in particolare per quanto riguarda il rispetto della verticalità, la complanarità e l' impermeabilità dei giunti;
- lo scavo sia eseguito con l'ausilio di idonea strumentazione in grado di verificare le eventuali deviazioni rispetto alla verticalità, nonché la rotazione della benna;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- lo scavo di un pannello non sia iniziato prima che il calcestruzzo del pannello o dei pannelli adiacenti abbia raggiunto una resistenza sufficiente ad impedire eventuali danni ai pannelli realizzati;
- qualora in fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del calcestruzzo), sarà necessario interrompere la perforazione alcuni metri prima ed ultimarla solo nell'imminenza del getto;
- qualora sia previsto dal progetto il contatto fisico tra i pannelli, la sequenza da realizzare deve essere prevista secondo lo schema: costruzione pannelli primari – successiva costruzione pannelli secondari. Non è pertanto consentita la realizzazione in successione progressiva di pannelli di paratia adiacenti.

La perforazione "a secco", senza impiego di fanghi di stabilizzazione, non è di norma ammessa; in casi particolari potrà essere adottata, previa approvazione di FERROVIE, solo in terreni fortemente cementati o argillosi caratterizzati da valori della coesione non drenata cu (cu) che alla generica profondità di scavo H soddisfino la seguente condizione

$$c_{u,} \geq \gamma H/3$$

dove:
γ = peso dell'unità di volume del terreno; per i terreni fortemente cementati il valore della coesione sarà determinato con prova di compressione semplice.
La perforazione "a fango" in terreni molto aperti, privi di frazioni medio-fini (D_{10}> 4 mm), può richiedere l'esecuzione preliminare di bonifiche o intasamenti.
La tenuta idraulica fra i diversi pannelli, ove richiesto dal progetto, dovrà essere ottenuta mediante idonei giunti da realizzare nelle posizioni di minor sollecitazione.

8.7.2.2. Piani di lavoro

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà verificare che:

- le attrezzature di perforazione e di servizio operino da un piano di lavoro preventivamente realizzato, in modo da evitare variazioni di assetto delle attrezzature durante il loro funzionamento;
- la quota dei piani di lavoro sia posta almeno 3,0 m sopra la massima quota dei livelli piezometrici della falda acquifera presente nel terreno. Qualora per il livello di falda non si possa rispettare tale franco, dovranno essere utilizzati fluidi di supporto che garantiscano lo stesso grado di sicurezza. In questo caso dovrà essere presentata alla DIREZIONE LAVORI una relazione tecnica specifica comprensiva di tutti i dettagli di cui al punto 8.6.2.

8.7.2.3. Cordoli guida

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà verificare che:

- gli assi longitudinali dei diaframmi siano materializzati mediante coppie di cordoli-guida (corree), paralleli e contrapposti;
- la distanza netta tra i muri guida sia dai 20 mm ai 50 mm più grande dello spessore di progetto del diaframma (UNI EN 1538);
- la parte superiore dei cordoli guida sia orizzontale ed abbia la stessa elevazione su entrambi i lati della trincea;
- i cordoli siano realizzati in conglomerato cementizio armato e siano adeguatamente marcati con chiodi e strisce di vernice in corrispondenza degli estremi di ciascun pannello di diaframma da eseguire;
- lo spessore dei cordoli sia minimo di 0.35 m, con una profondità compresa tra 0.7 m e 1.5 m a seconda delle condizioni del terreno; l'armatura sia continua (UNI EN 1538);
- nella realizzazione dei cordoli si abbia cura di posizionare con precisione le casserature, in modo da ottenere che la linea mediana delle corree non si discosti dalla posizione planimetrica del diaframma in misura superiore alla tolleranza ammessa.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

8.7.2.4. Perforazione

Prima dell'inizio dei lavori l'ESECUTORE deve trasmettere alla DIREZIONE LAVORI una planimetria con indicati i pannelli numerati, e la sequenza di esecuzione degli stessi.
Per la perforazione l'ESECUTORE utilizzerà la tecnologia di scavo prevista dal progetto:

- scavo con benna mordente;
- scavo con idrofresa.

8.7.2.4.1. Scavo con benna mordente

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà:

- eseguire lo scavo con benna mordente in presenza di fango stabilizzante;
- far posizionare topograficamente un picchetto ben visibile e solidale con il cordolo indicante il centro pannello;
- installare nella parte superiore del corpo benna una dima o carter (con lunghezza > di 1 m) avente le stesse dimensioni della massima apertura della benna;
- utilizzare idonea strumentazione per la verifica della profondità di scavo, delle deviazioni e delle rotazioni, e registrare la deviazione finale cumulata. A fine scavo questi parametri registrati dovranno essere consegnati alla DIREZIONE LAVORI;
- nel caso di uso di benne mordenti con aste di guida tipo Kelly verificare, ad inizio perforazione, la loro verticalità;
- nel caso di superamento della deviazione ammessa, che sarà progressiva in funzione della profondità secondo il criterio esposto nel capitolo 8.9 – Tolleranze di costruzione, intraprendere tutte le azioni necessarie per il recupero della verticalità. Nello scavo dei pannelli adiacenti (pannelli secondari) si dovrà avere cura di pulire, mediante opportuni raschiatori, le superfici laterali dei pannelli primari. I raschiatori dovranno essere utilizzati a fine perforazione, fissandoli rigidamente sull'utensile di scavo;
- durante la perforazione, far mantenere il livello del fango costantemente al di sopra della base del cordolo guida. Nel caso di improvviso franamento, con o senza perdita di fango stabilizzante, lo scavo dovrà essere immediatamente riempito con un volume supplementare di fluido di supporto, possibilmente contenente materiali sigillanti, o con calcestruzzo magro che sarà scavato successivamente;
- durante l'esecuzione dello scavo prendere tutti gli accorgimenti ragionevoli al fine di prevenire la fuoriuscita del fango stabilizzante al di là delle immediate vicinanze della zona di scavo;
- al termine della perforazione procedere all'accurata rimozione dei detriti rimasti sul fondo nonché alla sostituzione parziale o totale del fango per ricondurlo alle caratteristiche prescritte per l'esecuzione del getto, come indicato al paragrafo 8.6.2 della presente sezione. Al termine della perforazione dovrà essere verificato il contenuto in sabbia del fluido di supporto; il valore dovrà essere registrato così come il tempo necessario a ricondurlo ai limiti previsti nella tabella del punto 8.6.2.

8.7.2.4.2. Scavo con idrofresa

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà verificare che:

- nelle prime fasi di scavo sia previsto l'utilizzo della benna mordente, almeno fino al raggiungimento della profondità necessaria per il funzionamento della pompa di circolazione del fango incorporata nell'idrofresa. La seconda attrezzatura (idrofresa) sia impiegata in successione, per profondità di scavo superiori, fino al raggiungimento della quota di progetto;
- sia registrata la deviazione rispetto alla verticalità;
- periodicamente siano verificate e registrate le caratteristiche della sospensione;
- sia registrata la velocità di avanzamento e il valore della coppia delle frese.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

8.7.2.5. Dispositivi per la formazione dei giunti

L'ESECUTORE, nel caso il progetto preveda la formazione dei giunti tramite tubi-spalla o palancole, dovrà verificare che:

- si abbia cura di pulire adeguatamente i tubi-spalla o palancole prima del loro impiego;
- i tubi-spalla siano messi in opera, controllandone la verticalità con sistemi ottici, non appena completata la perforazione, e per tutta la profondità del pannello;
- ad avvenuta presa del getto si provveda alla loro rimozione, utilizzando un opportuno estrattore a morsa idraulica; se necessario, la superficie del tubo-spalla potrà essere preventivamente trattata con vernici disarmanti.

Nel caso di utilizzo di tubi in PVC posti in opera solidarizzandoli con l'armatura, questi dovranno essere rotti con apposito strumento.
Nello scavo dei pannelli adiacenti (pannelli secondari) si abbia cura di pulire con estrema cura l'impronta lasciata dal tubo-spalla, mediante opportuni raschiatori, la cui forma è ricalcata su quella del tubo spalla utilizzato. I raschiatori dovranno essere utilizzati a fine perforazione, fissandoli rigidamente sull'utensile di scavo.
Qualora sia utilizzata l'idrofresa, l'ESCUTORE potrà realizzare i giunti senza impiego dei tubi-spalla, provvedendo ad alesare i pannelli primari già gettati.

8.7.2.6. Armature

L'ESECUTORE, oltre a quanto richiesto nel paragrafo 8.6.1, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà verificare che:

- sulle gabbie di armatura siano posizionati opportuni distanziatori non metallici a sezione cilindrica atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo finale di 6 cm;
- i distanziatori in plastica, al fine di garantire la solidarietà col calcestruzzo, abbiano la superficie forata per almeno il 25%. I distanziatori saranno posizionati sul perimetro del pannello a distanza di circa 3 metri. Ulteriori distanziatori saranno posizionati sulla faccia del pannello in modo tale che la spaziatura degli stessi, sia in orizzontale che in verticale, sia non superiore a 3 metri;
- qualora sia prevista la tirantatura del pannello, siano posizionati nell'armatura dei tubi guida, aventi diametro maggiore della perforazione necessaria per la posa in opera del tirante, passanti in tutto lo spessore del pannello medesimo. Le relative cassette, nelle quali posizionare le piastre di ripartizione del tirante, dovranno essere predisposte con l'inclinazione prevista dal progetto;
- l'armatura sia nella posizione progettuale prevista, misurando le coordinate planimetriche di almeno due spigoli contrapposti (certificazione topografica);
- per la verifica della verticalità dell'armatura siano eseguite prove sui tubi inclinometrici installati. Prima dell'esecuzione della lettura inclinometrica dovrà essere eseguita la misura di spiralatura. La lettura sarà effettuata con sonda biassiale con letture coniugate sulle 4 guide.

8.7.2.7. Getto del calcestruzzo

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà verificare che:

- prima del getto i valori del contenuto in sabbia rientrino nel limite previsto nella tabella del punto 8.6.2;
- il getto del calcestruzzo avvenga impiegando il tubo di convogliamento. Esso dovrà essere costituito da sezioni avente diametro interno 20 ÷ 26 cm. L'interno del tubo dovrà essere pulito, privo di irregolarità e strozzature;
- le giunzioni tra sezione e sezione del tubo getto siano del tipo filettato, senza manicotto (filettatura in spessore) o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2,0 cm; sono escluse le giunzioni a flangia;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- il tubo sia provvisto, all'estremità superiore, di una tramoggia di carico avente una capacità di almeno 0,5-0,6 mc e sia mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento;
- prima di installare il tubo getto sia eseguita un'ulteriore misura del fondo foro; qualora lo spessore del deposito superi i 20 cm si provveda all'estrazione della gabbia d'armatura e alle operazioni di pulizia;
- il tubo di convogliamento sia posto in opera arrestando il suo piede a 30÷60 cm dal fondo della perforazione; prima di iniziare il getto, è opportuno disporre entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo (ad es. in polistirolo, o costituito da un involucro di carta, riempito con materiale arido), in modo da provocare la caduta istantanea del primo calcestruzzo gettato, ed evitare azioni di contaminazione o dilavamento del calcestruzzo stesso;
- durante il getto il tubo convogliatore sia opportunamente manovrato per un'ampiezza di 20 ÷ 30 cm, in modo da favorire l'uscita e la risalita del calcestruzzo;
- previa verifica del livello raggiunto, utilizzando uno scandaglio metallico a fondo piatto, il tubo di convogliamento sia accorciato per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando un'immersione minima nel calcestruzzo di 2,5 m e massima di 6 m;
- la misura del livello raggiunto sia registrata e riportata su una scheda che sarà consegnata alla DIREZIONE LAVORI;
- all'inizio del getto si disponga di un volume di calcestruzzo pari a quello del tubo di getto e di almeno 4 m di pannello. È prescritta una cadenza di getto non inferiore a 25 mc/ora;
- il getto di un pannello sia completato in un tempo tale che il calcestruzzo rimanga sempre lavorabile nella zona di rifluimento;
- in presenza di pannelli di lunghezza superiore a 4 m, o forma tale da richiedere l'impiego di due o più tubi getto al fine di limitare la distanza orizzontale che il calcestruzzo deve percorrere, questi siano alimentati in modo sincrono per assicurare la risalita uniforme del calcestruzzo;
- per nessuna ragione il getto sia sospeso prima del totale riempimento del pannello. A pannello riempito il getto sia proseguito fino alla completa espulsione del calcestruzzo contaminato dal fango stabilizzante. Qualora la misura della risalita del calcestruzzo evidenzi valori anomali, ne dovrà essere data evidenza nella scheda da consegnare alla DIREZIONE LAVORI e dovranno essere evidenziate le azioni da intraprendere:
  - nel caso di risalite maggiori dovranno essere sviluppate prove per verificare che il copriferro sia quello previsto e non ci siano stati franamenti del terreno che possano aver interrotto la continuità del calcestruzzo.
  - Nel caso di assorbimenti maggiori del 10 % del calcestruzzo previsto dovrà essere verificato, analizzando le schede di perforazione, che non ci siano stati franamenti durante lo scavo del pannello. Qualora il maggior volume sia indice di cavità che possono rappresentare un pericolo per la sicurezza delle lavorazioni, queste dovranno essere sospese e dovrà essere eseguita un'indagine di dettaglio (carotaggi, tomografie sismiche ad alta risoluzione con onde di compressione e di taglio, ecc.) per la comprensione del fenomeno avvenuto e per il progetto degli interventi di messa in sicurezza.

8.7.3. PALANCOLATI

8.7.3.1. Prescrizioni generali

L'ESECUTORE fermo restando quanto previsto dal paragrafo 8.5 ("Oneri e Prescrizioni generali"), se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- nella realizzazione dei palancolati provvisori e definitivi vengano adottati tutti i provvedimenti necessari perché l'opera abbia, senza eccezioni, i requisiti progettuali, in particolare per quanto riguarda la verticalità, la complanarità ed il mutuo incastro degli elementi costitutivi, la capacità di resistere ai carichi di progetto;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- l'attrezzatura d'infissione e di estrazione abbia caratteristiche conformi allo scopo di assicurare il raggiungimento della profondità d'infissione richiesta nel contesto stratigrafico locale e la possibilità di estrazione degli elementi non definitivi;
- lo stoccaggio e la movimentazione delle palancole in cantiere siano conformi a quanto indicato nella norma UNI EN 12063.

8.7.3.2. Infissione

L'ESECUTORE, prima dell'inizio della infissione, dovrà comunicare alla DIREZIONE LAVORI il programma cronologico di infissione per tutte le palancole.
L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- l'infissione per battitura avvenga con l'uso di un battipalo perfettamente efficiente e prosegua fino al raggiungimento della quota di progetto o fino al raggiungimento del rifiuto, che, se non diversamente indicato, sarà considerato raggiunto quando si misureranno, per 50 colpi di maglio, avanzamenti non superiori a 10 cm.

L'ESECUTORE potrà, previa approvazione della DIREZIONE LAVORI, ricorrere a delle iniezioni di acqua in pressione per facilitare il superamento di livelli granulari addensati, procurando la discesa della palancola per peso proprio con l'ausilio di una modesta battitura. Modalità, pressioni e portata del getto d'acqua devono essere comunicate alla DIREZIONE LAVORI.
In caso di qualsiasi anomalia rilevata nel corso dell'infissione e comunque nel caso di mancato raggiungimento della prevista quota finale, sia nel caso di infissione per battitura che per vibrazione, l'ESECUTORE dovrà dare immediata informazione alla DIREZIONE LAVORI e concordare con la stessa gli interventi da eseguire.

8.7.3.3. Estrazione

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- ad estrazione avvenuta, la palancola sia esaminata ed il suo stato brevemente descritto, annotando la presenza di distorsioni, deformazioni o danni.

8.8. CONTROLLI FINALI

Sono previste le seguenti tipologie di prove:

- Prove di carico
  - assiale (non distruttiva): con carichi di prova Pmax ≥ a 1,5 volte l'azione di progetto Pr, utilizzata per le verifiche SLE (combinazione rara);
  - laterale (non distruttiva): lo sviluppo di tale prova può essere eseguito anche su pannelli strumentati secondo quanto eventualmente previsto dal progetto.
- Prova sonica
- Controllo della verticalità, da eseguirsi con l'ausilio di tubi inclinometrici annegati nel getto di calcestruzzo, secondo le prescrizioni di progetto.

Le prove di carico assiali verranno eseguite solo per gli elementi di paratia soggetti ad azioni prevalentemente verticali. In particolare nel caso di paratie di pali, realizzati con pali contigui, si precisa che l'ESECUTORE dovrà sottoporre a prova di carico statico assiale singoli pali nel caso di pali tangenti, o più pali nel caso di pali secanti, qualora questi siano in progetto "assimilati a pali di fondazione" ed effettivamente soggetti ad azioni assiali verticali (associate ai soli carichi accidentali) tali da ricondurre il tasso di lavoro del materiale (calcestruzzo del palo) ad un valore superiore ad 1 MPa. Le prove di carico relative ai diaframmi saranno espressamente indicate dal progetto.
Le prove dovranno essere riportate nella documentazione di controllo, in accordo alle modalità e prescrizioni che seguono.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Per quanto riguarda le prove soniche, la loro frequenza dovrà rispettare quanto riportato nella seguente tabella:

Tabella 8.8.1

Prova sonica (cross-hole). Non prima di 28 gg. dal getto	Vengono attrezzati tutti i pannelli ed eseguite prove su almeno 1/3 di questi a scelta della DIREZIONE LAVORI.

In presenza di risultati non soddisfacenti delle prove cross-hole si dovrà sviluppare un piano di indagini specifiche sui pannelli (carotaggi meccanici, ulteriori indagini, etc..), che dovrà essere presentato sotto forma di relazione e approvato dalla DIREZIONE LAVORI. I risultati della campagna di indagine dovranno fornire gli elementi per la stesura finale della relazione che individuerà gli interventi necessari per la risoluzione della anomalia riscontrata.
Tutti i diaframmi da sottoporre a prove dovranno essere concordati con la DIREZIONE LAVORI.

8.8.1. PROVE DI CONTROLLO SONICO

Si tratta di controlli basati su prove soniche, la cui esecuzione richiede che i pannelli siano attrezzati con tubazioni metalliche/pvc poste ai quattro vertici del pannello stesso, annegate nel getto di calcestruzzo.
L'ESECUTORE dovrà attrezzare con tubi tutti i diaframmi; il 10% dei pannelli sarà attrezzato con tubi inclinometrici solidali all'armatura idonei anche per l'esecuzione delle prove cross-hole.
Le prove verranno eseguite non prima di 28 giorni dal termine delle operazioni di getto su 1/3 dei pannelli attrezzati, a scelta della DIREZIONE LAVORI.
Data la forma geometrica rettangolare della sezione dei pannelli, le prove di controllo sonico saranno eseguite con la metodologia "cross-hole".
Per il controllo dei giunti, laddove progettualmente deve essere garantita la continuità, dovranno essere eseguite prove cross-hole anche tra i tubi di pannelli contigui.
Per quanto concerne le prove di controllo sonico su pali si rimanda al paragrafo 7.8.3 del presente Capitolato

8.8.1.1. Modalità di prova

Il numero dei tubi e delle prove sarà definito dall'ESECUTORE e comunicato alla DIREZIONE LAVORI, in base anche alle dimensioni del pannello. Le misure di cross-hole (impulso su percorso orizzontale) sonico consistono nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo interposto tra i tubi di misura.
Prima dell'esecuzione della prova i tubi devono essere riempiti con acqua dolce.
I tubi sono utilizzati a coppie; in uno viene introdotta la sonda emettitrice, nell'altro (o negli altri) quella ricevente.
Le due sonde vengono contemporaneamente fatte scorrere all'interno dei due tubi, ad intervalli regolari di profondità, la sonda emettitrice genera un impulso sonico che raggiunge l'altra sonda dopo aver attraversato il calcestruzzo.
Le misure debbono essere eseguite almeno ogni 10 cm di avanzamento delle sonde nelle tubazioni predisposte.
Il segnale sonico modula il pennello elettronico di un oscilloscopio la cui traccia sincronizzata sull'istante di emissione, viene fatta traslare della stessa quantità ad ogni emissione di impulso.
L'esito delle prove sarà registrato con strumentazione digitale.
Nel caso si individuassero anomalie, le misure saranno ripetute con le sonde a quote diverse tra loro, al fine di stabilire se l'anomalia riscontrata è dovuta ad un piano di discontinuità oppure è provocata da cavità o inclusioni nel getto di calcestruzzo.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

8.8.1.2. Documentazione della prova

L'esito delle prove soniche sarà registrato in una apposita scheda in cui saranno indicati, per ogni pannello:

- i dati identificativi del pannello rispetto alla planimetria;
- la data di esecuzione delle varie operazioni di prova;
- il tipo di sonda sonica impiegata;
- le registrazioni digitali effettuate ad ogni avanzamento della sonda nonché le rappresentazioni grafiche dei parametri registrati.

8.9. TOLLERANZE DI COSTRUZIONE

8.9.1. OBIETTIVI

Il presente capitolo indica i valori delle tolleranze di costruzione ritenute significative per stabilire l'accettazione di opere/parti d'opera realizzate dall'Esecutore.
Valori riscontrati, eccedenti i limiti indicati, comportano l'apertura di non conformità e il relativo trattamento (demolizione, rilavorazione, riparazione, accettazione tal quale con eventuale detrazione o deprezzamento).

8.9.2. DEFINIZIONI

- Valore teorico: il valore di un parametro indicato in progetto;
- Valore effettivo: il valore del parametro richiesto misurato sul manufatto costruito;
- Tolleranza: intervallo entro il quale deve essere compreso il valore effettivo di un certo parametro per ritenere il manufatto conforme e remunerabile secondo contratto;
- Precisione: minima entità della misura che si deve essere in grado di rilevare, ovvero livello di apprezzamento strumentale.
- Valore nominale: prescrizione contrattuale (progetto, capitolato)

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:22:59 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

8.9.3. TOLLERANZE DI COSTRUZIONE: MODALITÀ DI LETTURA

Le tolleranze non sono cumulative. In caso di più di una indicazione, è sempre vincolante quella più restrittiva.
Con precisione della misura viene indicato il livello di apprezzamento (strumentale) della grandezza.
Una tolleranza positiva (+) aumenta il valore o la dimensione alla quale essa è applicata o alza la quota di un livello.
Una tolleranza negativa (-) diminuisce il valore o la dimensione alla quale essa è applicata o abbassa la quota di un livello.
Una tolleranza priva di segno è da intendersi positiva (+) e negativa (-).
Ove è precisata una tolleranza con un singolo segno positivo (+) o negativo (-) non esiste limite nel campo restante.

Tabella 8.9.1: Tolleranze

OGGETTO DEL CONTROLLO		DESCRIZIONE PARAMETRO DI CONTROLLO	UNITA' DI MISURA	PRECISIONE	VALORE NOMINALE	TOLLERANZA	
1 - DIAFRAMMI	1.1	Posizionamento planimetrico cordoli guida	mm	5	di progetto	20	
	1.2	Posizionamento altimetrico cordoli guida	mm	2	di progetto	20	
	1.3	Profondità "L" diaframma	mm	2	di progetto	+L/100	
	1.4	Verticalità diaframma (generico)	%	0.4	di progetto	0.5	
	1.5	Verticalità diaframma (realizzato con idrofresa)	%	0.4	di progetto	0.4	
	1.6	Copriferro armatura metallica	mm	1	60	-10	
	1.7	Passo di posizionamento distanziatori	mm	10	30	+100	
2 - PALANCOLATI	2.1	Posizionamento planimetrico palancolato	mm	5	di progetto	50	
	2.2	Profondità d'infissione palancolato	mm	5	di progetto	50	

Relativamente ai diaframmi l'Esecutore dovrà verificarne la verticalità rispettando il seguente schema:

1) controllo con applicazione della tolleranza suddetta complessivamente su un primo tratto di 10 m di profondità (quindi con un delta di ± 5 cm in tale fascia);
2) controllo progressivo del gradiente di deviazione con applicazione della tolleranza suddetta metro per metro, per il restante tratto di pannello in profondità (quindi con un delta di ±0.5 cm per ogni metro di avanzamento).

Per quanto riguarda i valori di tolleranze sulle paratie di pali, si deve fare riferimento a quanto specificato alla Sezione "Pali e micropali" del presente Capitolato.

CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI

PARTE II - SEZIONE 9
OPERE DI DIFESA DELLA SEDE FERROVIARIA

9.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
9.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
9.3. DEFINIZIONI
9.4. ABBREVIAZIONI
9.5 ONERI GENERALI
9.6. SISTEMAZIONI TORRENTIZIE
9.7. SISTEMAZIONI FLUVIALI
9.8. DIFESA DEL CORPO STRADALE
9.9. DIFESA DAL MARE

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/06/2014	Emissione per Applicazione	A. Zammuto	F. Iacobini	P. Firmi

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

INDICE

9.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE 4

9.1.1. CAMPO DI APPLICAZIONE 4

9.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO 4

9.2.1. NORMATIVA NAZIONALE 4

9.2.2. NORMATIVATECNICA EUROPEA 4

9.2.3. DOCUMENTAZIONE TECNICA 5

9.3. DEFINIZIONI 5

9.4. ABBREVIAZIONI 5

9.5. ONERI GENERALI 5

9.6. SISTEMAZIONI TORRENTIZIE 6

9.6.1. OPERE DI PROTEZIONE DALL'EROSIONE 6

9.6.1.1. Rimboschimento 6

9.6.1.2. Drenaggi 6

9.6.1.3. Spurghi d'alveo 7

9.6.1.4. Rivestimenti spondali 7

9.6.2. OPERE DI REGOLARIZZAZIONE DELL'ALVEO 7

9.6.2.1. Briglie 7

9.6.2.2. Sistemazione a cunette 8

9.6.2.3. Manufatti in rete metallica e pietrame 8

9.6.2.3.1. Gabbioni in pietrame 8

9.6.2.3.2. Materassi in pietrame 9

9.6.2.4. Scogliere in pietrame 10

9.7. SISTEMAZIONI FLUVIALI 13

9.7.1. OPERE DI SISTEMAZIONE DELL'ALVEO ORDINARIO 13

9.7.1.1. Rivestimenti di sponda 13

9.7.1.2. Palancolate e palificate 14

9.7.1.3. Muri di sponda 14

9.7.1.4. Rilevati 14

9.7.2. DIFESE TRASVERSALI IN ALVEO ORDINARIO 14

9.7.2.1. Pennelli 14

9.7.2.2. Soglie di fondo 15

9.7.2.3. Scogliere radenti, pennelli, platee con massi naturali 15

9.7.3. OPERE DI DIFESA DALLE PIENE 16

9.7.3.1. Argini 16

9.7.3.2. Spurghi 18

9.7.3.3. Drizzagni e diversivi 18

9.8. DIFESA DEL CORPO STRADALE 19

9.8.1. DISGAGGIO DI MASSI 19

9.8.2. BARRIERE PARAMASSI E PARAVALANGHE 19

9.8.2.1. Barriere paramassi elastiche/elasto-plastiche 19

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

9.8.2.2. Sostituzione di elementi di barriere paramassi elastiche/elasto-plastiche 21
9.8.2.2.1. Ritti 21
9.8.2.2.2. Orditura longitudinale 21
9.8.2.2.3. Rete metallica 22
9.8.2.3. Paramassi rigide 22
9.8.2.4. Paravalanghe 23
9.8.2.4.1. Barriere paravalanghe in acciaio zincato a caldo 23
9.8.2.4.2. Barriera paravalanghe 23
9.8.3. RIVESTIMENTI DI PARETI E SCARPATE 23
9.8.3.1. Rivestimento protettivo su pareti e scarpate rocciose con conglomerato cementizio 23
9.8.3.1.1. Caratteristiche generali 23
9.8.3.1.2. Malta proiettata o gunite 24
9.8.3.1.3. Conglomerato cementizio o betoncino lanciato a pressione (spritz-beton) 24
9.8.3.1.4. Caratteristiche di impiego del betoncino proiettato 25
9.8.3.1.5. Accertamenti di idoneità' 25
9.8.3.2. Rivestimenti con stuoie 25
9.8.3.3. Mantellate in grigliato 26
9.8.3.4. Rivestimento con rete metallica 27
9.8.3.5. Viminate 27
9.8.4. GABBIONATE 27
9.8.5. CANALETTE, CUNETTE E CUNICOLI 27
9.9. OPERE DI DIFESA DAL MARE 28
9.9.1. STRATO DI BASE PER SCOGLIERE O NUCLEO PER RIPASCIMENTO SPIAGGE 28
9.9.2. STRATO PROTETTIVO IN GEOTESSILE 28
9.9.3. STRATO DI BASE IN SCAPOLI DI PIETRAME 29
9.9.4. SCOGLIERA FORANEA 29
9.9.5. RIMOZIONE, RECUPERO E POSA IN OPERA DEI MASSI 29
9.9.6. RICARICO O FORMAZIONE DI SCOGLIERE RADENTI CON MASSI ARTIFICIALI 29
9.9.6.1. Ripascimento di spiaggia con materiale sabbioso 30
9.9.6.2. Ricarico o formazione di mantellata di scogliera 31

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

9.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

9.1.1. CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione del Capitolato contiene le prescrizioni per la realizzazione delle opere di difesa della sede ferroviaria, considerando tra esse le opere di seguito elencate:

- Sistemazioni torrentizie.
- Sistemazioni fluviali e opere di difesa della sede ferroviaria dalle piene.
- Opere di difesa della sede ferroviaria dalle frane.
- Sistemazioni della linea di costa a difesa della sede ferroviaria dal mare.

9.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

9.2.1. NORMATIVA NAZIONALE

- R.D. 25 luglio 1904, n. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie"
- R.D. 9 dicembre 1937, n. 2669 "Regolamento sulla tutela dei opere idrauliche di 1ae 2a categoria e delle opere di bonifica"
- DPR 21/04/1993 n.246 e s.m.i. "Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione"
- D.P.R. 380/2001 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia".
- Circolare del Presidente del Consiglio Superiore Lavori Pubblici del 08.09.2010 n. 7618/STC "Criteri per il rilascio dell'autorizzazione ai Laboratori per l'esecuzione e certificazione di prove su terre e rocce di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001"

9.2.2. NORMATIVATECNICA EUROPEA

- UNI EN 10223-3:2014 "Fili e prodotti trafilati di acciaio per recinzioni e reti - Parte 3: Reti di acciaio a maglie esagonali per impieghi industriali"
- UNI EN ISO 2400:2012 "Prove non distruttive - Esame ad ultrasuoni - Specifica per blocco di taratura N° 1"
- UNI EN 10245-3:2011 "Fili e prodotti trafilati di acciaio - Rivestimenti organici sui fili di acciaio - Parte 3: Fili rivestiti in PE"
- UNI EN 10025-2:2005 "Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali"
- UNI EN 10244-2:2009 "Fili e prodotti trafilati di acciaio - Rivestimenti metallici non ferrosi sui fili di acciaio - Parte 2: Rivestimenti di zinco o di leghe di zinco"
- UNI EN 12371:2010 "Metodo di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza al gelo"

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

9.2.3. DOCUMENTAZIONE TECNICA

- "Linee guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione", Prima Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Parere n. 69 reso nell'adunanza del 2 luglio 2013.

9.3. DEFINIZIONI

Contratto: contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l'acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l'esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla Stazione Appaltante

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale)

FERROVIE: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (Direzione Lavori, Alta sorveglianza)

Prova: forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni delle FERROVIE

9.4. ABBREVIAZIONI

RFI: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A.

cls: conglomerato cementizio

c.a.: conglomerato cementizio armato

P: massa volumica apparente

p: massa volumica reale

C : P/p = grado di compattezza

EOTA: European Organisation for Technical Assessment

ETA: European Technical Approval

ETAG: European Technical Approval Guideline

MEL: Maximum Energy Level

SEL: Service Energy Level

9.5. ONERI GENERALI

In tutte le lavorazioni indicate è da considerarsi incluso nello scopo del lavoro dell'ESECUTORE tutto quanto necessario all'esecuzione del lavoro in accordo al progetto ed alle specifiche tecniche applicabili.

In particolare, ma non limitatamente, sarà onere dell'ESECUTORE:

- la deviazione delle acque in movimento, superficiali o freatiche, e l'esaurimento di quelle ristagnanti;
- la preparazione del terreno di posa secondo le modalità indicate sui disegni;
- gli scavi e le risagomature degli alvei dove richiesto;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- il trattamento del materiale di rifiuto secondo le norme vigenti o secondo quanto stabilito dai provvedimenti autorizzativi;
- la formazione dei depositi provvisori per pietrami, terre o qualunque altro materiale necessario per l'esecuzione dei lavori;
- la fornitura e posa in opera del calcestruzzo secondo le modalità descritte alla Sezione 6 "Opere in conglomerato cementizio" del Capitolato;
- la regolarizzazione e profilatura delle sezioni di scavo;
- gli arginelli a protezione delle sponde se indicati sui disegni o prescritti dalle FERROVIE;
- la sistemazione delle immissioni dei fossi nel torrente oggetto degli interventi;
- la fornitura delle semenze erbose o degli arbusti per il rimboschimento, nella quantità e qualità richieste, la loro posa in opera e tutti gli accorgimenti atti a consentirne l'attecchimento.

9.6. SISTEMAZIONI TORRENTIZIE

Le opere destinate alla sistemazione dei torrenti si dividono in due categorie:

- opere atte a ridurne l'erosione, quali rimboschimenti e drenaggi delle pendici, spurgo dell'alveo, rivestimenti spondali (paragrafo 9.6.1);
- opere atte a regolarizzare il profilo d'alveo, quali briglie, cunette, salti di fondo (paragrafo 9.6.2).

9.6.1. OPERE DI PROTEZIONE DALL'EROSIONE

9.6.1.1. Rimboschimento

I rimboschimenti delle zone erose o in frana saranno eseguiti dopo aver eliminato le cause dei movimenti franosi del terreno. Le specie impiegate dovranno essere adatte alle caratteristiche climatiche e pedologiche della zona; a tal fine, prima di dare luogo a rimboschimenti, l'ESECUTORE dovrà produrre una relazione che dovrà essere approvata dalle FERROVIE e nella quale si dimostri l'idoneità delle specie vegetali impiegate. Tale relazione deve essere redatta da uno specialista sulla base di una analisi diagnostica delle caratteristiche climatiche e pedologiche della zona.

La fornitura degli arbusti, nella quantità e qualità che verranno prescritte dal progetto, la preparazione del terreno, l'idoneo trattamento del materiale di risulta e quanto altro occorre per l'attecchimento degli arbusti costituiranno gli oneri dell'intervento, a carico dell'ESECUTORE.

9.6.1.2. Drenaggi

I drenaggi a cielo aperto saranno realizzati con cunette in pietrame, con elementi prefabbricati in calcestruzzo o con mezzi tubi; il terreno di posa sarà scavato quanto occorre e successivamente regolarizzato.

Per profondità ≤ 1,5 m si scaverà una trincea di piccola scarpa, mentre per profondità comprese fra 1,5 e 5 m la trincea avrà pareti verticali e larghezza 0,80 ÷ 1,20 m con scavi a sostegno provvisorio; la trincea sarà riempita con pietrame di pezzatura 10 ÷ 30 cm, ovvero con un fondo di calcestruzzo sul quale poggia un tubo forato (Ø 25 ÷ 40 cm) avvolto in un telo di tessuto non tessuto, il tutto rivestito con il detto pietrame.

Lo scavo delle trincee sarà condotto con le modalità e le prescrizioni di cui alla Sezione 5 "Opere in terra e scavi" del Capitolato.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

I drenaggi profondi saranno eseguiti in modo tale da far scorrere nel dreno stesso solo l'acqua del sottosuolo, evitando accuratamente che vi affluisca quella di superficie, adottando i seguente accorgimenti:

- canalizzazione superficiale delle acque piovane a monte della testa del drenaggio;
- configurazione a tetto del terreno di ricopertura della trincea, e costipamento dello stesso.

Nel caso fosse necessario realizzare altre tipologie di dreni si veda quanto previsto nella Sezione 10 "Opere di miglioramento rinforzo e stabilizzazione" del presente Capitolato.

9.6.1.3. Spurghi d'alveo

Lo spurgo d'alveo potrà essere eseguito con mezzi meccanici o a mano; i materiali rimossi dovranno essere trattati secondo quanto previsto dalla normativa vigente e secondo quanto eventualmente indicato nel provvedimento autorizzativo.

9.6.1.4. Rivestimenti spondali

Il rivestimento delle sponde sarà effettuato, in linea con il progetto, mediante pietrame o frasche a fascioni, ovvero in gabbioni e/o materassi di pietrame ovvero pietrame intasato con cls.

Le caratteristiche del pietrame e le modalità di esecuzione dei lavori sono descritte al par. 9.6.2.4 "Scogliere in pietrame", a cui si rimanda.

Per i rivestimenti in gabbioni e/o materassi, si veda il par. 9.6.2.3 "Manufatti in rete metallica e pietrame".

Rivestimenti di sponda realizzati in fascioni di frasche utilizzeranno tamerici o salici. I fascioni saranno del diametro di cm 25, con legature doppie di filo di ferro zincato distanziate fra loro di 50cm e saranno fissati in opera con paletti di legno alti 1 m e di diametro pari a 6 cm, posti ad interasse di 2 m, e con chiodi di legno di 50 cm di lunghezza, del diametro pari a 3 cm, posti ogni 50 cm.

9.6.2. OPERE DI REGOLARIZZAZIONE DELL'ALVEO

9.6.2.1. Briglie

Le briglie saranno realizzate in pietrame a secco o legato con malta, in gabbioni e/o materassi di pietrame, in calcestruzzo semplice o armato, in legname o in legname e massi

L'esecuzione dei lavori per briglie in gabbioni e/o materassi dovrà essere conforme a quanto previsto dal par. 9.6.2.3 "Manufatti in rete metallica e pietrame".

Per quanto riguarda la sezione della gaveta, se il trasporto solido del corso d'acqua si presentasse notevole e prevalentemente di tipo grossolano, si dovrà arrotondare lo spigolo di monte nei casi meno significativi, oppure prevedere un rivestimento protettivo per la rete dei gabbioni; questo potrà consistere in una copertina di calcestruzzo o in rivestimento con lastre di materiale lapideo.

Riguardo alle modalità costruttive delle platee di rivestimento dei bacini di dissipazione in gabbioni, si forniscono le seguenti raccomandazioni:

- la platea del bacino sarà realizzata con almeno due strati di gabbioni sovrapposti alti ciascuno 0,30 ÷ 0,50 m;
- se il corso d'acqua avesse usualmente trasporto solido grossolano, non si dovrà fare uso di gabbioni;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- per la costruzione dei bacini saranno impiegati solo gabbioni con diaframmi medi e non saranno utilizzati materassi; verrà inoltre utilizzato materiale di riempimento, con pezzature pari a 25 ÷ 30 cm, di forma possibilmente tondeggiante, sistemati in maniera tale da limitare al massimo la quantità di vuoti;
- nel caso di briglie di grande altezza in alvei a cospicuo trasporto solido grossolano, la maglia dei gabbioni del bacino sarà protetta con un getto di calcestruzzo o con blocchi di calcestruzzo o con pietre di grosse dimensioni;
- in alvei stretti, soprattutto se l'opera è costruita in una zona in frana, le pendici dovranno essere difese dall'azione erosiva della corrente mediante la realizzazione di muri andatori d'invito, a monte, e di accompagnamento, a valle.

9.6.2.2. Sistemazione a cunette

Quando per l'elevata pendenza del profilo di compenso fosse necessario l'impianto di molte briglie ravvicinate o comunque molto alte, si preferirà intervenire tramite una sistemazione a cunetta, ovvero con rivestimenti d'alveo e di sponda, talora con soglie di fondo per limitare la velocità di scorrimento.

Le modalità di esecuzione dei lavori in calcestruzzo sono descritte nella Sezione "Opere in conglomerato cementizio" del presente Capitolato; per la posa in opera del pietrame e caratteristiche del materiale, si rimanda al par. 9.6.2.4 "Scogliere in pietrame".

Ove previsto dal progetto, si potranno adottare rivestimenti in materassi e/o gabbioni di pietrame; si utilizzeranno materassi a spessore via via crescente, fino a gabbioni, con il crescere della velocità della corrente; anche la pezzatura sarà debitamente incrementata.

Caratteristiche dei gabbioni e dei materassi, nonché condotta dei lavori di posa in esercizio sono riportate al paragrafo 9.6.2.3 "Manufatti in rete metallica e pietrame", cui si rimanda.

9.6.2.3. Manufatti in rete metallica e pietrame

9.6.2.3.1. Gabbioni in pietrame

I gabbioni a scatola sono manufatti a forma di parallelepipedo, costituiti da rete metallica avente maglia esagonale a doppia torsione e riempiti di ciottoli o di pietrame di cava di idonea pezzatura.

Il filo utilizzato sarà di acciaio zincato con zincatura e rivestimento conforme alle "Linee guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione", Prima Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Parere n. 69 reso nell'adunanza del 2 luglio 2013. Per gabbioni utilizzati in ambiente marino, oppure in ambienti particolarmente inquinati, il filo zincato, prima di essere tessuto, sarà rivestito con polimero plastico di spessore 0,4 ÷ 0,6 mm conformemente alle sopra citate "Linee guida".

Per il riempimento dei gabbioni saranno utilizzabili solo materiali lapidei purché il loro peso e le loro caratteristiche soddisfino alle esigenze statiche, funzionali e di durata dell'opera. Il materiale più comunemente usato sarà costituito da ciottoli o da pietrame di cava. Saranno da preferire i materiali di maggiore massa volumica, soprattutto se è predominante il comportamento a gravità della struttura o se la stessa è immersa o soggetta alla forza viva dell'acqua. Ai fini di una lunga durata dell'opera, il pietrame dovrà, inoltre, essere non gelivo, non friabile, non dilavabile e di buona durezza.

La pezzatura del pietrame sarà variabile tra 1,5 e 2,5 volte la dimensione D della maglia della rete, tale cioè da evitare fuoriuscite del pietrame.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

I gabbioni potranno essere suddivisi in celle mediante l'inserimento di diaframmi o pannelli di rete con le stesse caratteristiche di quella delle pareti esterne, posti alla distanza di 1,0 m l'uno dall'altro e aventi la funzione di irrobustire la struttura e di facilitare le operazioni di assemblaggio.

Per la posa in opera dei gabbioni si procederà come segue: si legheranno gli spigoli dei singoli gabbioni e si fisseranno gli eventuali diaframmi alle pareti laterali, poi si riuniranno più gabbioni vuoti fra di loro e successivamente si porranno in opera e si cuciranno saldamente a quelli adiacenti lungo tutti gli spigoli di contatto, sia in direzione orizzontale che verticale. Qualora i gabbioni fossero senza diaframmi, all'interno saranno apposti dei tiranti tra pareti opposte.

La disposizione dei gabbioni dipenderà dai tipi adottati e dalle caratteristiche strutturali dell'opera.

Il riempimento verrà effettuato con mezzi meccanici sistemando il materiale all'interno dei gabbioni in modo tale da ottenere la minor percentuale di vuoti; l'indice di porosità del gabbione dovrà essere compreso tra 0,3 e 0,4.

Ultimato il riempimento, si procederà alla chiusura del gabbione effettuando le legature lungo i bordi perimetrali del coperchio e lungo il bordo superiore degli eventuali diaframmi, passando il filo in nodo continuo in tutte le maglie con un doppio giro ogni due maglie.

Quando la posa in opera debba avvenire in presenza d'acqua, l'allestimento potrà essere effettuato a riva oppure in acqua, su pontoni galleggianti; in quest'ultimo caso l'allestimento degli elementi avverrà sul pianale del pontone stesso, in posizione orizzontale.

Qualora fosse richiesta la sigillatura del gabbione, la penetrazione deve essere completa per una profondità di 25 cm di un mastice bituminoso con sabbia e filler applicato a caldo mediante colatura in ragione di 200 kg per m^2.

9.6.2.3.2. Materassi in pietrame

Il materasso in pietrame è costituito da una struttura metallica, avente forma parallelepipeda di notevole ampiezza e piccolo spessore, divisa in più celle, costituita da una rete metallica a maglia esagonale a doppia torsione, fortemente zincata e protetta con rivestimento in materiale plastico, conformemente a quanto indicato nelle "Linee guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione", Prima Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Parere n. 69 reso nell'adunanza del 2 luglio 2013. La struttura metallica di cui sopra dovrà essere riempita in opera con ciottoli o pietrisco di idonee dimensioni.

Il materasso sarà realizzato con un telo continuo di rete sul quale, alla distanza di 1,0 m l'uno dall'altro, verranno inseriti i diaframmi dello stesso tipo di rete in modo tale da formare una struttura cellulare di larghezza da 2,0 m a 3,0 m; il telo continuo servirà per formare sia la base che le pareti laterali dell'elemento. Il coperchio sarà costituito da un telo di rete separato da quello di base. I teli di rete saranno delimitati esternamente lungo i bordi da fili di diametro più grosso di quello usato per fabbricare la rete; detti fili rinforzeranno la struttura e faciliteranno, durante la messa in opera, le legature di chiusura delle tasche e le legature di unione degli elementi fra di loro.

Per materassi utilizzati in ambiente marino oppure in ambienti particolarmente inquinati il filo zincato, prima di essere tessuto, sarà rivestito per estrusione con una guaina continua in polimero plastico di spessore 0,4 ÷ 0,6 mm, conformemente a quanto indicato nelle sopra citate "Linee guida".

La pezzatura del pietrame varierà tra 1,2 e 2 volte la dimensione D della maglia della rete. L'indice di porosità sarà contenuto tra 0,3 e 0,4. Non è richiesto l'impiego di materiale con caratteristiche particolari, purché non

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

si tratti di materiale gelivo o di marne friabili; è opportuno che il pietrame sia di natura compatta e con massa volumica non inferiore a 2000 kg/m^3, non friabile, non dilavabile e di buona durezza.

Prima della posa in opera il singolo materasso verrà allestito effettuando le sole legature di unione fra i diaframmi ed i lembi laterali del telo base che costituiscono le pareti dell'elemento.

La linea di piegatura delle pareti laterali sarà ben definita, nella posizione voluta, da un filo metallico di diametro maggiore.

E' preferibile che i singoli elementi di materasso siano allestiti fuori opera, anche quando la scarpata sulla quale si debba eseguire il rivestimento non sia molto inclinata, e ciò per maggiore comodità e per non danneggiare il terreno già livellato.

Dopo aver predisposto sul piano di posa un certo numero di elementi, già assemblati nella loro forma cellulare, si dovrà procedere a collegarli fra di loro con solide cuciture lungo tutti gli spigoli che si vengono a trovare a contatto.

Le legature saranno eseguite passando il filo in modo continuo in tutte le maglie, con un doppio giro ogni due maglie, e il collegamento in opera dei materassi sarà eseguito ad elementi vuoti per rendere più facile tale operazione.

Qualora i materassi fossero senza diaframmi, all'interno saranno apposti dei tiranti tra parti opposte. Quindi si procederà alle operazioni di riempimento. Ultimate tali operazioni, si procederà alla chiusura degli elementi utilizzando il singolo coperchio oppure la rete in rotoli ed effettuando le dovute legature di unione sia lungo i bordi laterali che lungo quelli dei diaframmi interni. Si eseguiranno prima le legature che fissano il coperchio ai bordi laterali dell'elemento, poi quelle che lo collegano ai diaframmi trasversali.

Normalmente le scarpate di appoggio dovranno avere inclinazione di 1:1,5 o di 1:2 secondo la natura del terreno; la pendenza massima sarà utilizzata con terre vegetali di media consistenza e la pendenza minima con quelle argillose.

Qualora si stia procedendo ad un rivestimento d'alveo, il materasso verrà disposto di norma sulle sponde trasversalmente al corso d'acqua e cioè secondo la massima inclinazione delle sponde e perpendicolarmente al filo della corrente. Questa disposizione non è tassativa; potrà a volte convenire disporre gli elementi in senso longitudinale alla corrente come ad esempio nei rivestimenti del fondo, e, nel caso di corsi d'acqua con notevole velocità, anche nei rivestimenti di sponda; a determinare la scelta fra i due sistemi suddetti interverranno anche la maggior facilità di posa in opera o ragioni costruttive di varia natura.

La posa in opera direttamente in acqua sarà eseguita come per i gabbioni.

9.6.2.4. Scogliere in pietrame

Per l'esecuzione di lavori in pietrame, l'ESECUTORE dovrà provvedere alla fornitura, al trasporto con qualsiasi mezzo - via fluviale o per ferrovia o per strade ordinarie - dalla cava al luogo di impiego ed alla posa in opera delle quantità di singole categorie, di cui appresso, nelle percentuali stabilite in progetto.

Ai fini di una lunga durata dell'opera, il pietrame dovrà, inoltre, essere non gelivo, non friabile, non dilavabile e di buona durezza.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

a. Massi

I massi da impiegare nella costruzione di scogliere dovranno essere inalterabili, tenaci, privi di fratture e piani di scistosità, e la loro massa volumica apparente P dovrà essere maggiore o uguale a 2500 kg/m^3, e la massa volumica reale p dovrà essere maggiore o uguale a 2600 kg/m^3 e il grado di compattezza C = P/p sarà maggiore o uguale 0,95.

Le categorie di massi saranno le seguenti:

- Massi di I categoria: elementi di massa complessiva fra 50 e 100 kg
- Massi di II categoria: elementi di massa complessiva fra 100 e 500 kg
- Massi di III categoria: elementi di massa complessiva fra 500 e 1500 kg
- Massi di IV categoria: elementi di massa complessiva fra 1500 e 4000 kg
- Massi di V categoria: elementi di massa complessiva oltre i 4000 kg.

La roccia, costituente i massi, non dovrà risultare geliva alla prova di accettazione delle pietre naturali da costruzione secondo la norma EN 12371:2010.

L'ESECUTORE, prima d'iniziare l'approvvigionamento di massi da una cava, dovrà qualificare il sito ed il metodo d'estrazione, dando preventiva comunicazione alle FERROVIE della visita di qualifica; al termine delle operazioni di qualifica l'ESECUTORE redigerà una relazione scritta che invierà alle FERROVIE per approvazione.

Per l'accertamento delle caratteristiche dei massi, l'ESECUTORE dovrà predisporre campioni costituiti da una serie di 24 cubi a facce perfettamente piane e parallele e con spigoli regolari delle dimensioni di 10 cm, e da una serie di 8 cubi con spigoli di 3 cm; su ciascun campione si indicheranno quali sono le facce parallele al piano di giacitura in cava.

I campioni saranno inviati a un laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture per il rilascio di certificati di prove di laboratorio su terreni e rocce ai sensi dell´art. 59 del D.P.R. 380/2001 - Circolare del Presidente del Consiglio Superiore Lavori Pubblici del 08.09.2010 n. 7618/STC, qualificato dall'ESECUTORE e approvato dalle FERROVIE.

La forma dei massi sarà tale che, inscrivendo ogni masso in un parallelepipedo, il minore dei lati del parallelepipedo circoscritto non risulterà inferiore alla metà del lato maggiore dello stesso.

Le FERROVIE hanno la facoltà di integrare le prove sopra prescritte con prove di caduta massi direttamente in cava, secondo modalità fissate dalla stessa.

Tutte le prove di cui sopra saranno effettuate all'inizio della fornitura e ripetute nel corso della fornitura stessa, qualora si apprezzino variazioni delle caratteristiche dei materiali.

Per la classificazione dei massi secondo le categorie di cui sopra, l'ESECUTORE dovrà disporre di:

- una speciale bascula tarata della portata non inferiore a 20 tonnellate attrezzata per la pesatura dei massi, che vengono approvvigionati con mezzi terrestri o ferroviari; tale bascula sarà del tipo a registrazione automatica e dovrà essere montata in cantiere, attuando ogni accorgimento per la perfetta regolarizzazione del piano di appoggio, al più presto e comunque prima dell'inizio dell'approvvigionamento;
- mezzi marittimi e terrestri da impiegare per la formazione delle scogliere foranee, radenti o pennelli, dotati di appositi dinamometri tarati per la determinazione del peso di ciascun singolo masso.

Nell'esecuzione dei lavori i massi di maggiore dimensione dovranno essere posti verso l'esterno e quelli di minore dimensione verso l'interno, cosicché risulti graduale il passaggio dai massi di peso maggiore a quelli di peso minore.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Il completamento e la sistemazione delle scogliere dovranno essere effettuati a tutta sagoma, procedendo per tratti successivi che dovranno essere mano a mano completati secondo la sagoma prescritta, in modo da realizzare una perfetta continuità fra i vari tratti.

Non saranno accettati i massi che, all'atto della posa in opera, dovessero presentare lesioni o rotture, così come quelli che, nelle operazioni di posa, dovessero cadere fuori sagoma o si rompessero. Le dimensioni e le caratteristiche della scogliera, la larghezza di berma, la pendenza dei paramenti e altro saranno conformi a quanto risulta dal disegno di progetto.

I massi della categoria maggiore costituiranno in generale il paramento e quelli delle categorie minori il nucleo e il riempimento dei vuoti esistenti fra i massi delle maggiori categorie, in modo tale che risulti graduale il passaggio dai massi di massa maggiore a quelli di massa minore. Per il ricarico delle scogliere, foranee o radenti, i massi saranno della categoria maggiore per il paramento e delle categorie minori per il riempimento dei vuoti.

Il completamento e la sistemazione delle scogliere dovranno essere effettuati a tutta sagoma, procedendo per tratti successivi che dovranno essere a mano a mano completati secondo la sagoma prescritta, in modo da realizzare una perfetta continuità fra i vari tratti.

Le quantità dei singoli massi, accertati come innanzi detto, saranno registrate su appositi libretti controfirmati dalle parti. Per ogni singolo masso di massa superiore a kg 1.500 sarà registrato il numero progressivo che lo contraddistingue, la categoria e la massa stessa, nonché la voce di tariffa con cui verrà pagato.

All'ESECUTORE, per il trasporto dei massi dalle cave ai luoghi d'impiego, è lasciata la più ampia facoltà di scelta del mezzo di trasporto da lui ritenuto più idoneo sia dal punto di vista tecnico che economico. L'ESECUTORE è tenuto, prima di iniziare i lavori a presentare un dettagliato elenco dei mezzi d'opera e di trasporto. Dei mezzi marittimi, che eventualmente intendesse impiegare, dovranno inoltre essere resi noti il grado di efficienza, il luogo di stazionamento e la capitaneria alla quale sono iscritti.

Nel caso di impiego di massotti di massa singola superiore a kg 50, nonché di massi di massa singola fino a kg 1.500, la pesatura potrà essere effettuata per tutto il carico di un autocarro, purché i massotti o i massi siano di massa omogenea, cioè appartengano tutti alla medesima categoria. Qualora i massotti o i massi caricati su un autocarro non siano di massa omogenea, si procederà alla pesatura di ogni singolo masso costituente il carico. I mezzi impiegati, oltre ad essere efficienti e proporzionati alla scopo, dovranno essere provvisti di meccanismi di riserva tali da assicurare la continuità e la buona riuscita dei lavori

Di norma ogni mezzo di trasporto deve contenere, per ciascun viaggio, massi di un'unica categoria. La massa dei massi dovrà essere determinata in partenza con l'impiego della bilancia a bilico ed in contraddittorio; la valutazione della massa a mezzo dei galleggianti stazzati è ammessa solo come approssimato controllo in arrivo da eseguire subito prima del versamento in opera.

Ogni operazione di pesatura verrà effettuata in contraddittorio compilando le bollette a madre e figlia di cui sarà detto più avanti. Per le operazioni di pesatura l'ESECUTORE disporrà di un adeguato impianto di bilici, in prossimità della o delle cave, rimanendo a tutto suo carico ogni spesa ed onere relativi alle operazioni di pesatura e cioè l'impianto dei bilici ed il relativo controllo iniziale a mezzo del verificatore metrico, i controlli periodici dell'ufficio pesi e misure, le eventuali riparazioni dei bilici e la costruzione di un casotto ad uso del personale dell'amministrazione preposta alle operazioni di pesatura. La massa dei carichi sarà espressa in tonnellate e frazioni di tonnellate fino alla terza cifra decimale; se ne detrarrà la tara del veicolo e della cassa nonché la massa dei cunei o scaglioni usati per fermare i massi di maggiore mole, ottenendo cosi la massa netta che dovrà figurare in contabilità.

All'atto della pesatura i massi di massa superiore a kg 1.500 dovranno essere numerati su almeno due facce opposte con apposito colore e tale numero dovrà figurare nelle bollette e nei registri di pesatura per

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

l'individuazione di ogni singolo masso. L'ESECUTORE è tenuto a ripristinare le numerazioni che durante il trasporto rimanessero cancellate. L'ESECUTORE fornirà bollettari a madre e figlia su cui saranno registrate le risultanze della pesatura; ciascuna bolletta pertanto dovrà portare il numero d'ordine e la tara del veicolo o delle casse cui la bolletta stessa si riferisce, la categoria del materiale portato, il peso lordo, la numerazione e la massa netta dei massi. A ogni veicolo o cassone carico corrisponderà quindi una copia di bollette di cui la madre resterà al personale delle FERROVIE che sorveglierà il versamento del materiale in opera.

Quando i materiali vengono imbarcati sui pontoni o su altri galleggianti, ciascuno di tali mezzi deve essere accompagnato da una distinta di carico nella quale deve figurare il numero d'ordine del galleggiante, la stazza a carico completo, l'elenco delle bollette figlie riguardanti ciascuno degli elementi imbarcati, e la somma delle masse lorde che in esse figurano. Detta somma dovrà coincidere con la lettura della stazza a carico completo.

Lo scarico non sarà mai iniziato senza autorizzazione; l'incaricato della gestione esecutiva, prima di fare iniziare il versamento, controllerà il carico e la numerazione dei massi; eseguito lo scarico verificherà se lo zero della scala di stazza corrisponde alla linea di galleggiamento; quindi completerà le bollette apponendovi la propria firma e l'indicazione, sia pure sommaria, del punto ove ogni masso numerato è stato posto in opera. Il materiale comunque perduto lungo il trasporto non potrà essere contabilizzato.

b. Pietrame minuto

Il materiale minuto (Tout - Venant) dovrà essere costituito da detrito di cava, escluso terriccio, cappellaccio e materiale eterogeneo; dovrà essere in ogni caso non suscettibile all'azione dell'acqua, non solubile, non soggetto a plasticizzazione.

9.7. SISTEMAZIONI FLUVIALI

Le opere destinate alla sistemazione di fiumi si possono suddividere in due categorie:

- opere di sistemazione dell'alveo ordinario, quali: rivestimenti di sponda o di fondo alveo, palancolate, palificate, muri di sponda (difese parallele), pennelli, soglie di fondo (difese trasversali), scogliere in pietrame sciolto o cementato (paragrafi 9.7.1 e 9.7.2);
- opere destinate alla difesa dalle piene, quali: argini, che sono interventi atti al contenimento del livello idrico, spurghi, drizzagni, diversivi, quali opere finalizzate alla riduzione di detto livello (paragrafo 9.7.3).

9.7.1. OPERE DI SISTEMAZIONE DELL'ALVEO ORDINARIO

9.7.1.1. Rivestimenti di sponda

Il rivestimento per proteggere dall'erosione le sponde dipenderà dai materiali disponibili, dalle condizioni di stabilità delle sponde e dalla velocità della corrente. Per sponde inclinate e stabili, la protezione potrà essere eseguita in scogliere naturali a grossa pezzatura, gabbioni e/o materassi in pietrame. Qualora oltre alla protezione delle sponde, si dovesse rendere necessario assicurare anche la stabilità delle stesse, si utilizzeranno gabbioni e/o materassi in pietrame, palancolate, palificate, muri di sponda.

In alcuni casi si ricorre alla protezione dall'erosione con fascioni di frasche di tamerici o salici. I fascioni avranno diametro di 25 cm, e legature doppie di filo di ferro a interasse 50 cm. Saranno fissati in opera con paletti di legno di altezza 1,0 m e diametro 6 cm, posti ogni due metri.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Le caratteristiche del pietrame e le modalità di esecuzione dei lavori sono descritte nel par. 9.6.2.4 "Scogliere in pietrame".

L'esecuzione di rivestimenti di sponda in gabbioni seguirà le modalità indicate nel par. 9.6.2.3 "Manufatti in rete metallica e pietrame".

9.7.1.2. Palancolate e palificate

Le palancolate in calcestruzzo o con profilati metallici si realizzeranno secondo quanto esposto nella sezione 8 "Paratie di pali, diaframmi e palancolate" del presente Capitolato; i pali saranno realizzati in accordo alle prescrizioni della Sezione 7 "Pali e micropali" e della sezione 10 "Opere di miglioramento, rinforzo e stabilizzazione"dello stesso Capitolato.

9.7.1.3. Muri di sponda

Un tipo speciale di rivestimento spondale è costituito dai muri che potranno essere realizzati in muratura, in calcestruzzo o in gabbioni di pietrame. I muri realizzati in muratura e in calcestruzzo saranno sempre protetti al piede da scogliere realizzate con massi di adeguata pezzatura e/o gabbioni e materassi.

Nei muri in gabbioni, i singoli gabbioni saranno saldamente collegati tra loro mediante legature sino a realizzare una struttura monolitica; il dimensionamento verrà condotto con i criteri delle opere di sostegno a gravità. Le caratteristiche dei gabbioni nonché la loro esecuzione si atterranno a quanto prescritto nel par. 9.6.2.3 "Manufatti in rete metallica e pietrame" e alle indicazioni specifiche, onde ottenere una densità quanto più possibile uniforme. Detti elementi si disporranno con il lato più lungo parallelo alla sezione verticale del muro; i muri potranno essere realizzati con gradonatura verso valle, oppure verso monte (staticamente più consigliabile); per altezze superiori a 3 m non saranno adottati paramenti verticali, ma si inclinerà l'opera a reggipoggio di almeno 6° oppure si realizzeranno adeguate riseghe; per altezze superiori a 5-6 m si consiglia una gradonatura verso valle. Per contrastare la deformabilità comunque elevata dell'opera, potranno essere impiegati uno o più ordini di tiranti; il drenaggio a tergo dell'opera sarà effettuato con i consueti metodi; sarà evitata per motivi statici la disposizione a faccia-vista del pietrame sulla facciata esterna adottabile per motivi estetici solamente in strutture poco sollecitate.

9.7.1.4. Rilevati

I rilevati longitudinali posti in alveo, allo scopo di canalizzare o deviare i deflussi, saranno costituiti da scogliere in pietrame o da gabbioni; queste opere saranno disposte secondo l'andamento di sponda a cui dovrà tendere il corso d'acqua al termine della modellazione; il rilevato inoltre potrà essere sormontabile dalle piene maggiori. Ove possibile, a tali interventi sarà preferito l'uso di pennelli. Per quanto riguarda le modalità di esecuzione di questa tipologia di rilevati, si rimanda ai successivi paragrafi.

9.7.2. DIFESE TRASVERSALI IN ALVEO ORDINARIO

9.7.2.1. Pennelli

I pennelli sono opere trasversali saltuarie, sporgenti in alveo e sommergibili rispetto a piene ordinarie; rispetto alla corrente possono essere convergenti, normali, divergenti.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Il pennello sarà intestato sulla linea di sponda dell'alveo ordinario e poi procederà entro l'alveo, diminuendo convenientemente l'altezza iniziale; la sporgenza in alveo non supererà il quinto della larghezza del corso d'acqua stesso.

I pennelli saranno costituiti o da una scogliera in pietrame, con palificata di contenimento in testata; oppure da una incastellatura di pali e travi a formare dei cassoni poi riempiti di pietrame; o anche da gabbioni e materassi in pietrame.

Le caratteristiche del pietrame per scogliere nonché la condotta dei lavori saranno conformi alle prescrizioni di cui al par. 9.6.2.4 "Scogliere in pietrame"

Le realizzazioni in gabbioni e materassi si effettueranno secondo i criteri esposti al par. 9.6.2.3 "Manufatti in rete metallica e pietrame"; dovrà peraltro essere prevista una vasta platea di fondazione, costituita da uno strato di materassi intorno alla struttura d'elevazione; gli elementi, sia in fondazione che in elevazione, saranno disposti con il lato lungo trasversale al pennello stesso.

9.7.2.2. Soglie di fondo

Le soglie di fondo sono strutture trasversali all'alveo e poco emergenti dal fondo, destinate ad evitarne l'approfondimento in quanto costituenti un livello non erodibile nell'alveo stesso.

Saranno preferibilmente scavate sezioni trapezie, e la soglia sarà costituita da pietrame di grossa pezzatura, o si potranno realizzare in calcestruzzo o in gabbioni e/o materassi di pietrame, soprattutto per la difesa di opere particolari, quali le pile di ponti o altro, nel qual caso la soglia si prolungherà a monte e a valle dell'opera.

Il pietrame e la sua posa in opera saranno conformi a quanto indicato al par. 9.6.2.4 "Scogliere in pietrame".

Gli interventi in calcestruzzo si eseguiranno secondo le indicazioni date nella Sezione 6 "Opere in conglomerato cementizio" del presente Capitolato.

Le soglie in gabbioni e/o materassi si atterranno a quanto previsto dal par. 9.6.2 "OPERE DI REGOLARIZZAZIONE DELL'ALVEO".

9.7.2.3. Scogliere radenti, pennelli, platee con massi naturali

Per l'esecuzione dei lavori l'ESECUTORE dovrà provvedere alla fornitura, al trasporto con qualsiasi mezzo, dalla cava al luogo d'impiego, ed alla posa in opera delle quantità di massi e massotti delle singole categorie nelle percentuali che saranno previste dal progetto esecutivo.

Ai fini di una lunga durata dell'opera, il pietrame dovrà, inoltre, essere non gelivo, non friabile, non dilavabile e di buona durezza.

I massi da impiegare nella costruzione di scogliere devono essere inalterabili, tenaci, privi di fratture e piani di scistosità; la massa volumica apparente deve essere ≥ 2500 kg/m^3 e la massa volumica reale deve essere ≥ 2600 kg/m^3.

La roccia, costituente i massi, non dovrà risultare geliva alla prova di accettazione delle pietre naturali da costruzione secondo la norma EN 12371:2010.

L'ESECUTORE, prima d'iniziare l'approvvigionamento di massi da una cava, dovrà qualificare il sito ed il metodo d'estrazione, dando preventiva comunicazione alle FERROVIE della visita di qualifica; al termine

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

delle operazioni di qualifica l'ESECUTORE redigerà una relazione scritta che invierà alle FERROVIE per approvazione.

Per l'accertamento delle caratteristiche dei massi, l'ESECUTORE dovrà predisporre campioni costituiti da una serie di 24 cubi a facce perfettamente piane e parallele e con spigoli regolari delle dimensioni di 10 cm, e da una serie di 8 cubi con spigoli di 3 cm; su ciascun campione si indicheranno quali sono le facce parallele al piano di giacitura in cava.

I campioni saranno inviati a un laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture per il rilascio di certificati di prove di laboratorio su terreni e rocce ai sensi dell´art. 59 del D.P.R. 380/2001 - Circolare del Presidente del Consiglio Superiore Lavori Pubblici del 08.09.2010 n. 7618/STC, qualificato dall'ESECUTORE e approvato dalle FERROVIE.

La forma dei massi deve essere tale che, inscrivendo ogni masso in parallelepipedo, il minore dei lati del parallelepipedo circoscritto non risulti inferiore alla metà del lato maggiore dello stesso.

Le FERROVIE hanno la facoltà di integrare le prove sopra prescritte con prove di caduta massi direttamente in cava, secondo modalità fissate dalle stesse.

Tutte le prove di cui sopra devono essere effettuate all'inizio della fornitura e ripetute nel corso della fornitura stessa qualora si apprezzino variazioni delle caratteristiche dei materiali.

Per la classificazione dei massi secondo le categorie di cui al paragrafo 9.6.2.4, l'ESECUTORE dovrà disporre di:

- una speciale bascula tarata della portata non inferiore a 20 tonnellate attrezzata per la pesatura dei massi, che vengono approvvigionati con mezzi terrestri o ferroviari. Tale bascula sarà del tipo a registrazione automatica e dovrà essere montata in cantiere, attuando ogni accorgimento per la perfetta regolarizzazione del piano di appoggio, al più presto e comunque prima dell'inizio dell'approvvigionamento
- mezzi marittimi e terrestri da impiegare per la formazione delle scogliere foranee, radenti o pennelli, dotati di appositi dinamometri tarati per la determinazione del peso di ciascun singolo masso.

Nell'esecuzione dei lavori i massi di maggiore dimensione dovranno essere posti verso l'esterno e quelli di minore dimensione verso l'interno, cosicché risulti graduale il passaggio dei massi di peso maggiore a quelli di peso minore.

Il completamento e la sistemazione delle scogliere dovrà essere effettuato a tutta sagoma, procedendo per tratti successivi che dovranno essere mano a mano completati secondo la sagoma prescritta, in modo da realizzare una perfetta continuità fra i vari tratti.

Non saranno accettati i massi che, all'atto della posa in opera, dovessero presentare lesioni o rotture, così come quelli che, nelle operazioni di posa, dovessero cadere fuori sagoma.

9.7.3. OPERE DI DIFESA DALLE PIENE

9.7.3.1. Argini

Gli argini sono opere longitudinali che tendono a evitare l'inondazione nella zona da essi protetta, in quanto delimitano, oltre all'alveo ordinario, una sezione sufficiente al passaggio delle piene. Gli argini potranno essere costruiti lungo le sponde o discosti da queste, delimitando così una fascia, larga da qualche metro a molte decine di metri, definita golena.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Le terre da impiegare nella costruzione degli argini dovranno essere scevre di materie vegetali, senza inclusioni di ciottoli, pietrame, ed accuratamente sminuzzate e in ogni caso con esclusione dei materiali di discarica quali immondizie, rifiuti, ecc.

La preparazione del piano d'appoggio comporterà l'estirpazione delle erbe e degli arbusti, il taglio a raso e la successiva rimozione di alberi e ceppaie di qualsiasi natura e dimensioni; indi si procederà all'asportazione del terreno vegetale per una profondità minima di 20 cm o per profondità maggiori, fino a trovare terreno compatto. Quindi si dissoderà mediante aratura e rivolgimento il terreno del piano di posa, per ottenere il prosciugamento tramite esposizione all'aria.

Nel caso che l'argine ricopra fossi o depressioni e quando la pendenza del terreno superi il 15%, si prevederà una gradonatura della sede dell'argine al di sotto del piano di scotico con gradoni di altezza non inferiore a 50 cm.

Sulle scarpate degli argini, ove si addosseranno i nuovi riporti, si praticheranno invece gradinate di immorsatura con solchi della profondità di almeno 30 cm e ad un interasse massimo di 50 cm.

In asse alla sede degli argini, inoltre, dovrà essere effettuato uno scavo per l'immorsatura, di larghezza e profondità fissate dal progetto e da colmarsi con le stesse materie che verranno impiegate per la formazione dell'argine.

La terra proveniente dagli scavi da impiegare nella formazione di rilevati sarà inumidita ed essiccata mediante aereazione, in funzione delle prove pratiche di taratura dei mezzi costipanti.

Lo stendimento sarà effettuato a strati di spessore adeguato ai mezzi di costipamento, ma comunque non superiore a 50 cm; la superficie superiore degli strati dovrà avere una pendenza pari a circa il 3% e dovrà essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi. Detta pendenza dovrà essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere; inoltre si provvederà alla compattazione degli strati con rulli compattatori di peso adeguato o altro sistema che sarà preventivamente comunicato alle FERROVIE in modo da ottenere una densità in sito, pari al 90% di quella AASHTO modificata, con il grado ottimo di umidità. L'attrezzatura da impiegarsi e la densità di riferimento dovranno essere appropriate ad ogni tipo di terreno e in ogni caso conformi alle buone regole dell'arte. Per le modalità di esecuzione delle prove e delle lavorazioni, si farà riferimento alla Sezione 5 "Opere in terra e scavi" del presente Capitolato.

A lavoro ultimato, e sino all'epoca del collaudo, il rilevato compattato non dovrà manifestare cedimenti superiori e dimensioni inferiori a quelli previsti in progetto.

La profilatura e sagomatura di cigli e scarpate sarà conforme a quanto stabilito in progettazione.

Il rivestimento delle scarpate si effettuerà con terra vegetale, per uno spessore minimo di 20 cm , da stendere a strati orizzontali opportunamente costipati seguendo dappresso la costruzione del rilevato e ricavando gradoni di ancoraggio; tali gradoni non verranno eseguiti quando il rivestimento venga formato contemporaneamente al rilevato. Dette scarpate saranno seminate ad erba medica o trifoglio e frequentemente innaffiate sino alla formazione del manto erboso.

In alternativa potrà essere previsto un rivestimento delle scarpate con zolle erbose, aventi una superficie non minore di 400 cm^2 e spessore non minore di 15 cm, disposte regolarmente e fra loro combacianti, ed innaffiate durante il primo mese dalla data della messa in opera.

Qualora l'altezza d'acqua sul piano di campagna sia uguale o maggiore di 3 m, sarà opportuno prevedere banche orizzontali quali rinforzi sul lato campagna; dette banche potranno essere costruite anche sul lato fiume, se necessarie.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La larghezza in sommità sarà tanto maggiore quanto più elevato è l'argine sul piano di campagna, quanto più prolungata si prevede la permanenza del livello di piena, quanto meno uniforme è il materiale utilizzato, e sarà subordinata ad eventuali esigenze di viabilità; in ogni caso la larghezza di detta sommità sarà non minore di 2 m.

Specialmente per argini in froldo (costantemente bagnati dalle acque, anche in magra), o in corrispondenza di botte o risvolte, l'argine sarà protetto con scogliere, gettate di massi, gabbioni o materassi, rivestimenti di vario genere; a ciò si potrà aggiungere il rinterro sulla campagna.

9.7.3.2. Spurghi

Un intervento di spurgo consiste nell'asportazione dei materiali solidi che costituiscono ostacolo al normale flusso delle acque.

Si potrà passare dalla rimozione di ostacoli localizzati con dimensioni cospicue (tronchi, vecchi ponti, ecc.), a quella di materiali di torbida deposti durante le piene, nonché a vere e proprie operazioni di dragaggio del fondale.

9.7.3.3. Drizzagni e diversivi

Un drizzagno è un canale artificiale realizzato con il taglio di meandri. I drizzagni sono peraltro un sistema locale efficace se la zona da difendere è nell'ansa del meandro, ed in tal caso essi sono analoghi ai diversivi.

Un diversivo o scolmatore è un canale artificiale che recapita del tutto o in parte le portate di piena ad altro mezzo recipiente (mare, lago o altro corso d'acqua).

L'esecuzione corretta dello scavo comporterà:

- fossetti di guardia longitudinali, sul ciglio superiore dello scavo stesso, atti all'intercettazione delle acque pluviali;
- banchine di interruzione della scarpata, con muretti di pietrame o altro;
- drenaggi di tutti gli stillicidi e vie di circolazione idrica emergenti sul fronte di scavo, con fognoli addentrati nel terreno.

Durante la costruzione si dovrà evitare di mantenere scavi aperti di grande sezione nella stagione piovosa senza aver provveduto alle sistemazioni di cui sopra.

Le arginature saranno realizzate secondo le modalità descritte al precedente par. 9.7.3.1.

Il rivestimento potrà essere in calcestruzzo, in lastre di cemento armato prefabbricate, in gabbioni e/o materassi in pietrame, ovvero potranno essere non rivestiti o solamente inerbiti i canali in terra, oppure intonacati se la superficie è in roccia stabile.

Per canali in terra non rivestiti, indicativamente, si potranno avere sponde con pendenze variabile fra 1:3 (altezza/ base) per sponde realizzate in terreni incoerenti molto fini, e 1:1,5 per sponde in argilla compatta ben stabile; per canali scavati nella roccia si potranno realizzare anche sponde a parete verticale.

Le caratteristiche del calcestruzzo, nonché le modalità di posa in opera saranno conformi a quanto prescritto nella Sezione 6 "Opere in conglomerato cementizio" del presente Capitolato.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Il rivestimento in lastre di cemento armato prefabbricate sarà posato su un sottofondo drenante in pietrisco. Le lastre avranno dimensioni, peso, forma, impasto, armatura, previste in progetto; non saranno accettate lastre lesionate o difettose.

I rivestimenti in gabbioni e/o materassi in pietrame seguiranno le procedure indicate nel par. 9.6.2.3 "Manufatti in rete metallica e pietrame".

Se il terreno a tergo del rivestimento non fosse sufficientemente permeabile (ovvero avesse $K < 10^{-4}$ cm/s), si dovrà prevedere un sottofondo drenante il quale raccoglierà le acque di permeazione e le convoglierà entro opportune tubazioni di smaltimento. La medesima soluzione sarà adottata qualora sia presente una falda di entità medio - bassa; se l'entità della falda fosse troppo elevata, occorrerà operare in maniera opposta, utilizzando il canale come recapito per la falda stessa.

Gli spessori del sottofondo drenante consigliati per i grandi canali sono 10 cm e oltre, mentre per canali piccoli non si scenderà al disotto di 5 cm.

Il tipo di materiale scelto per la realizzazione dello strato drenante (aggregati litoidi, geotessili…etc.) sarà preventivamente sottoposto all'approvazione delle FERROVIE.

9.8. DIFESA DEL CORPO STRADALE

9.8.1. DISGAGGIO DI MASSI

Prima delle operazioni di disgaggio dei massi, dovrà essere effettuata dall'ESECUTORE un'accurata ispezione delle pareti rocciose per l'accertamento della presenza e della disposizione di masse instabili. Di tale ispezione sarà redatta, a cura dell'ESECUTORE, una relazione illustrativa, corredata da fotografie, che documenterà lo stato della zona ispezionata.

Quindi l'ESECUTORE dovrà provvedere con qualsiasi mezzo, incluso l'esplosivo, all'abbattimento e rimozione delle masse individuate come instabili.

Per l'uso degli esplosivi l'ESECUTORE dovrà avvalersi di personale in possesso delle necessarie abilitazioni e dovrà reperire le autorizzazioni previste dalla vigente normativa.

Il materiale lapideo prodotto nelle operazioni di disgaggio dovrà essere trattato secondo le vigenti normative in materia ambientale.

9.8.2. BARRIERE PARAMASSI E PARAVALANGHE

Le barriere paramassi e paravalanghe sono sistemi di protezione passiva adottati per proteggere la sede ferroviaria dall'invasione di massi, in caso di crolli o ribaltamenti, e da masse nevose, in caso di valanghe.

Le barriere paramassi si distinguono in:

barriere paramassi elastiche/elasto-plastiche

barriere paramassi rigide

9.8.2.1. Barriere paramassi elastiche/elasto-plastiche

Le barriere paramassi dovranno essere conformi ai requisiti contenuti nella linee guida di benestare tecnico europeo ETAG 027,"Guideline for European Technical Approval of Falling Rock Protection Kits". Tale

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

conformità dovrà essere documentata da un certificato ETA valido, pubblicato sul sito www.eota.eu in segno di conformità alle norme ETAG 027 e con il possesso della marcatura CE, come previsto dal DM 14/01/2008. La scelta tra le diverse tipologie di barriere paramassi dovrà essere effettuata sulla base dei più probabili livelli di energia posseduti dalle masse rocciose in caduta, che dovranno essere confrontati con i valori di livello di energia MEL (Maximum Energy Level) e di energia di servizio SEL (Service Energy Level), previsti dalle linee ETAG 027, secondo la seguente classificazione:

Classificazione del livello energetico (SEL/MEL espressi in kJ):

- Classe 0: - / 100;
- Classe 1: 85 / 250;
- Classe 2: 170 / 500;
- Classe 3: 330 / 1000;
- Classe 4: 500 / 1500;
- Classe 5: 660 / 2000;
- Classe 6: 1000 / 3000;
- Classe 7: 1500 / 4500;
- Classe 8: >1500 / >4500.

La capacità di assorbimento di energia della barriera deve essere comprovata a seguito di prove d'urto in scala reale, effettuate da un laboratorio indipendente di adeguata e specifica competenza, esperienza ed organizzazione, accreditato presso EOTA.

Le prove d'urto devono attestare la funzionalità della struttura per entrambi i livelli di energia previsti dalla norma e devono essere eseguite in conformità alle procedure delle linee guida ETAG 027.

La competenza specifica e l'esperienza di "crash test", secondo le citate ETAG 027, dovranno essere adeguatamente documentate con il certificato ETA.

Nel certificato delle prove d'urto a scala reale, emesso dall'organismo certificatore, devono essere riportati:

- classificazione del livello energetico;
- allungamento massimo e altezza residua della barriera dopo i test SEL e MEL;
- valori delle forze massime agenti sulle fondazioni;
- forze trasmesse alle funi convergenti sugli ancoraggi;
- descrizione dettagliata dei danni riportati dalla barriera dopo il test MEL;
- emissione di sostanze nocive;
- durabilità.

In particolare, definita H l'altezza nominale della barriera, misurata dallo spiccato della fondazione, e H residua l'altezza residua dopo il test MEL, la barriera dovrà essere classificata in Categoria A (H residua ≥ 50% H), in accordo alla classificazione fornita da ETAG 027(par. 2.4.3.2.)

I componenti che devono essere sottoposti ad omologazione sono:

- la struttura di captazione;
- le strutture di supporto, compreso il meccanismo di collegamento alla fondazione;
- gli elementi di connessione.

Non è previsto che la fondazione sia omologata.

Oltre alle richiamate certificazioni dovranno essere forniti:

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- descrizione e caratteristiche di tutti i materiali componenti la barriera, compreso il relativo grado di protezione contro l'ossidazione;
- progetto esecutivo e relazione di calcolo delle strutture;
- manuale di montaggio e piano di controllo a cui l'impresa esecutrice dovrà attenersi, compilare, e sottoscrivere a fine lavori;
- manuale di manutenzione.

La struttura dovrà impiegare materiali nuovi e di primo impiego, accompagnati da certificazione di origine e dichiarazioni di conformità, secondo le normative UNI EN 10025 (montanti in acciaio), UNI ISO 2408 (funi d'acciaio), UNI EN 10244-2(zincatura fili e funi), UNI EN ISO 1461 (zincatura carpenteria metallica) nonché, ove previsto, dalla dichiarazione marcatura CE ai sensi del DPR 21/04/1993 n.246, così come modificato dal DPR 10/12/1997 n. 499.

Indipendentemente dalla presentazione della suddetta documentazione, prima della messa in opera delle funi verrà prelevato, ai fini dell'accertamento dell'idoneità delle funi stesse, ad insindacabile giudizio delle FERROVIE, previa stesura di apposito verbale in contraddittorio con l'ESECUTORE, un congruo numero di spezzoni di funi tra quelle da impiegare; detti spezzoni verranno inviati ad un laboratorio ufficialmente riconosciuto, per essere sottoposti alle prove di verifica per la determinazione del limite di rottura.

9.8.2.2. Sostituzione di elementi di barriere paramassi elastiche/elasto-plastiche

Per la sostituzione di elementi ammalorati su barriere paramassi elastiche /elasto-plastiche in opera dovranno essere utilizzati componenti aventi le caratteristiche elencate nei punti seguenti.

9.8.2.2.1. Ritti

I ritti di testata dovranno essere realizzati in acciaio del tipo S275 (norma EN 10025-2), utilizzando profilati HEB aventi altezza non inferiore a 320 mm, controventati da puntoni in profilati a C di altezza non inferiore a 200 mm, solidamente collegati ai ritti mediante saldatura o imbullonatura, con eventuale ausilio di fazzoletti o piastre ed angolari.;

I ritti intermedi dovranno essere realizzati in acciaio del tipo S 275,utilizzando profilati IPE o NP di altezza non inferiori a 240 mm, muniti di manicotti distanziatori reggicavo, opportunamente svasati alle estremità per evitare danni alle funi e saldati all'ala lato monte dei ritti. Tali ritti potranno essere incastrati al piede su manufatti esistenti o su nuovi basamenti in c.a., infiggendo il profilato per una altezza non inferiore a 80 cm e sigillando con malte espansive. Potranno, altresì, essere fissati a mezzo di cerniera meccanica, vincolata al basamento mediante idonea forcella in acciaio S 275, per consentire la rotazione dei ritti.

9.8.2.2.2. Orditura longitudinale

L'orditura longitudinale dovrà essere costituita da cavi funicolari di acciaio del diametro non inferiore a 12 mm aventi ciascuno resistenza a rottura non inferiore a 100 kN, opportunamente tesati, infilati nei manicotti dei ritti intermedi e ormeggiati ai ritti di estremità mediante cappio con morsetti; detti cavi saranno adagiati in una gola arcuata costituita da profilato a C o simile non inferiore a 35 mm opportunamente calandrato e solidamente fissato al ritto.

I cavi funicolari dovranno essere collegati a due a due mediante distanziatori, in tondino d'acciaio del diametro di 10 mm, del tipo B450C, fissati alle funi stesse e posti ad un interasse non inferiore a 50 cm, sfalsati su file attigue.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

9.8.2.2.3. Rete metallica

La rete metallica dovrà essere del tipo a doppia torsione, zincata, di peso non inferiore a 170 N/m². Sarà costituita da filo di diametro di mm 2,7-3,0 a maglie esagonali, stesa a ridosso dell'orditura di funi, lato monte, e legata alle funi con filo di ferro zincato, nel caso di interasse tra i cavi funicolari non superiore a 20 cm.

In alternativa, dovrà essere utilizzata una rete a maglie estensibili delle dimensioni non superiori a mm 200 x 200, costruita con fune, rivestita in PVC, a fili di acciaio aventi resistenza a trazione non inferiore a 1600 N/mm². Tale rete dovrà essere chiusa con anelli in alluminio pressofuso, graffe a doppio guscio o simili

Il fissaggio della rete a maglie estensibili sull'orditura di funi orizzontali lato monte dovrà avvenire mediante l'infilaggio della fune più alta in tutte le maglie intere superiori e mediante morsettatura della rete a tutte le funi intermedie con un morsetto ogni metro di fune libera e, infine, mediante l'infilaggio della fune più bassa nella penultima fila di maglie.

Dovrà essere inoltre realizzata la spalmatura delle funi con due mani di bitume.

Prima della messa in opera delle funi verrà prelevato, previa stesura di apposito verbale, in contraddittorio con l'ESECUTORE, uno spezzone di ogni fune da impiegare; detto campione verrà inviato ad un laboratorio ufficialmente riconosciuto, per essere sottoposto alle prove di verifica per la determinazione del limite di rottura.

9.8.2.3. Paramassi rigide

La barriera paramassi rigida, da porsi in opera su basamenti esistenti o da realizzare in c.a., dovrà essere costituita da:

- montanti verticali, formati da lamiera sagomata ad U dello spessore non inferiore a millimetri 4,2 e rinforzati con profilati a doppio T non inferiori a millimetri 180 di acciaio tipo S275 (norma EN 10025-2), completi di apposito cappello e aventi altezza fuori terra e profondità di incastro variabile a seconda delle prescrizioni di progetto;
- longheroni opportunamente sagomati in lamiera di acciaio dello spessore di 20/10, disposti longitudinalmente tra i montanti;
- elementi di collegamento tra i montanti e i longheroni, sagomati, in lamiera dello spessore non inferiore a 4,2 mm;
- elementi di rinforzo sagomati in lamiera di acciaio dello spessore di 20/10 da porsi in opera all'interno del longherone di sommità;
- bulloneria.

Tutti gli elementi saranno dotati di appositi fori per l'assemblaggio; nell'opera è previsto l'intasamento dei fori con malta composta da kg 400 di cemento pozzolanico per m3.

Tutti gli elementi costituenti la barriera saranno zincati a caldo.

In ogni caso dovranno essere utilizzate barriere paramassi dotate di marcatura CE, attestante la conformità delle stesse alle norme ETAG per il livello di contenimento dichiarato.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

9.8.2.4. Paravalanghe

9.8.2.4.1. Barriere paravalanghe in acciaio zincato a caldo

Le dimensioni delle barriere e le sezioni dei singoli elementi, che le compongono, saranno scelte in relazione alla massima altezza di neve prevista nella zona.
Le barriere saranno costituite da una serie di cavalletti, ancorati al suolo mediante piastre e sormontati da longheroni.
Tutti gli elementi costituenti le barriere saranno zincati a caldo e le parti interrate protette mediante bitumatura.

9.8.2.4.2. Barriera paravalanghe

La barriera sarà costituita da una serie di cavalletti, ancorati al suolo mediante piastre e sormontati da longheroni.

La struttura metallica, qualora non diversamente disposto dal progetto, dovrà essere formata da telai composti da due profili IPE 180 in acciaio S235 (norma EN 10025-2) posti a passo di 3,25 m. Una delle due putrelle sarà inclinata di 15° sulla perpendicolare al terreno mentre l'altra, posta a valle con funzione di puntone di rinforzo e sarà inclinata di 35° rispetto al terreno.

Il puntone sarà fissato a valle nello zoccolo di calcestruzzo e a monte all'altra putrella con un perno del diametro d 28 mm provvisto di filetto e dado o coppiglia.

Il foro di collegamento del montante sarà rinforzato con due piastre saldate alla putrella dello spessore di 10 mm.

Tutti gli elementi costituenti le barriere saranno zincati a caldo e le parti interrate protette mediante bitumatura.

Sugli elementi in acciaio verranno fissati dei tondini di larice, scortecciato e trattato con due mani di carbolineum, del diametro minimo di 16 cm e di lunghezza di 4 m ad un interasse fra legno e legno di 40 cm, partendo dalla sommità della putrella.

9.8.3. RIVESTIMENTI DI PARETI E SCARPATE

9.8.3.1. Rivestimento protettivo su pareti e scarpate rocciose con conglomerato cementizio

9.8.3.1.1. Caratteristiche generali

Le prescrizioni del presente paragrafo riguardano sia la malta proiettata sia il betoncino proiettato.

La malta proiettata, gunite o intonaco impermeabilizzante, è un prodotto miscelato all'atto della messa in opera e formato da legante cementizio, additivi, acqua e inerte avente il diametro massimo di 5 mm.

Il conglomerato cementizio lanciato a pressione (per brevità denominato al seguito betoncino proiettato) è un prodotto miscelato all'atto della posa in opera, composto da acqua, legante cementizio, additivi e inerte avente diametro massimo, secondo la destinazione d'uso, da 5 a 10 mm.

Il getto dovrà essere eseguito proiettando il materiale a secco o a umido. La differenza tra le due metodologie consiste nella fase del processo in cui viene introdotta l'acqua. In ogni caso, entrambi i metodi impiegano l'aria compressa. Nel procedimento a secco, l'aria compressa è sempre introdotta nei condotti; la miscela

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

secca compreso l'additivo accelerante e la sabbia che viene immessa con la sua umidità naturale, viene trasportata a forte velocità. L'aggiunta di acqua avviene in corrispondenza dell'ugello.

Il sistema ad umido può essere eseguito in due modi:

- a flusso diluito, utilizzando un getto di acqua in pressione nei condotti tale che la miscela diventi una sospensione in aria;
- a flusso denso, utilizzando una comune pompa da conglomerato cementizio. In tal caso l'aria compressa, non presente nei condotti, viene aggiunta in prossimità dell'ugello per favorire il getto in pressione della miscela.

In entrambi i casi l'additivazione della miscela con accelerante liquido avviene immediatamente prima dell'espulsione attraverso l'ugello.

9.8.3.1.2. Malta proiettata o gunite

Le caratteristiche della malta, i materiali costituenti gli aggregati da impiegare e le modalità di confezionamento sono definite nella Sezione 6 "Opere in conglomerato cementizio" del presente Capitolato.

Con la posa in opera si dovrà uno strato non superiore a 3-4 cm. al fine di assicurare sia la stabilità a breve termine della parete, sia una protezione dalle acque di stillicidio. Tali malte, additivate con acceleranti di presa e con additivi di altro tipo, permettono di ottenere una consistenza plastica di basso modulo di deformazione e talvolta caratteristiche idrofughe. La posa in opera dovrà avvenire in due fasi:

- il primo strato permette l'ancoraggio e una prima parziale impermeabilizzazione;
- il secondo strato completa l'effetto impermeabilizzante e conferisce alle pareti la geometria definitiva; tale strato va applicato solo ad avvenuta presa di quello di prima fase.

Le superfici di roccia da trattare debbono essere preventivamente sottoposte ad azione di pulizia superficiale in modo da garantire la completa aderenza della malta.

9.8.3.1.3. Conglomerato cementizio o betoncino lanciato a pressione (spritz-beton)

Le caratteristiche del conglomerato cementizio lanciato (spritz-beton), i materiali componenti e le modalità di confezionamento sono definite nella Sezione 6 "Opere in conglomerato cementizio" del presente Capitolato.

Il diametro massimo dell'aggregato dev'essere scelto in funzione del tipo di intervento da eseguire, secondo quanto riportato nella seguente tabella:

Tabella 9.8.1

dmax in mm.	Intervento da eseguire
5-8	Strato di finitura, ripristino del copriferro di rivestimento in conglomerati cementizi armati
10	Interventi di rinforzo di strutture di rivestimento all' esterno; protezione di pareti rocciose

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

9.8.3.1.4. Caratteristiche di impiego del betoncino proiettato

Le superfici da trattare devono preventivamente essere sottoposte a pulizia superficiale in modo da garantire la completa adesione del betoncino proiettato. Nel caso di percolazione di acque diffuse o localizzate dalle pareti di scavo, prima della posa in opera del betoncino dovrà provvedersi alla captazione e successivo convogliamento dell'acqua con mezzi idonei, onde evitare sensibili alterazioni.

La distanza tra l'ugello e la parete rocciosa deve essere determinata in funzione della velocità di emissione del materiale e comunque, di regola, deve essere compresa tra 50 cm e 150 cm, al fine di limitare la segregazione di materiale per effetto di rimbalzo sulla parete stessa.

Ciascuno strato di betoncino posto in opera dovrà avere uno spessore massimo non superiore a 4 cm. e dovrà essere applicato solo ad avvenuta presa dello strato sottostante.

Il primo strato di betoncino a diretto contatto con la roccia dovrà avere uno spessore non inferiore a 2 cm e dovrà' compensare le piccole irregolarità presenti nella parete.

Sul primo strato dovranno, ove necessario, essere stesi dei pannelli di rete elettrosaldata di maglia non inferiore a 10 cm., opportunamente fissata alla parete in modo che non si verifichino distacchi o distorsioni durante le fasi successive di messa in opera del betoncino.

9.8.3.1.5. Accertamenti di idoneità'

Oltre alle prove previste dalle relative sezioni del capitolato sui materiali costituenti, si potrà procedere all'accertamento delle resistenze meccaniche del betoncino posto in opera ogni 50 m^3 o frazione.

La realizzazione dei provini deve essere effettuata nel modo seguente:

Si procede al lancio a pressione del betoncino su una o più cassaforme di prova aventi forma parallelepipeda a base quadrata e una superficie di 0,25 m^2. Il lancio deve avvenire perpendicolarmente alla parete di fondo della cassaforma inclinata fino a 20 gradi sulla verticale. Lo spessore del materiale proiettato deve essere di almeno 15 cm. dalla parte centrale della cassaforma.

Ad avvenuta stagionatura di 28 giorni si preleveranno almeno 4 provini cilindrici, mediante carotaggio, tali da presentare dopo le opportune operazioni di taglio e rettifica, il diametro di 6 cm. e l'altezza di 12 cm. Su tali provini verranno eseguite le seguenti determinazioni:

- Calcolo della massa volumica.
- Resistenza a compressione semplice rilevata dalla media aritmetica dei risultati diminuita di 3.5 MPa. In caso di esito negativo delle prove di compressione sulle carote prelevate dalla piastra, come precedentemente descritto, si procederà al prelievo di carote di conglomerato cementizio direttamente in sito, in numero almeno pari a quelle relative alle prove standard da prelevare nei punti indicati dalle FERROVIE.
- Prova di permeabilità, per la quale si effettuerà il prelievo di un altro provino che sarà sottoposto a prova di laboratorio di permeabilità a carico costante.

9.8.3.2. Rivestimenti con stuoie

Il rivestimento protettivo di scarpate viene realizzato mediante fornitura e posa in opera di stuoie o reti antierosione biodegradabili in fibra vegetale, inclusa l'idrosemina con idoneo miscuglio di graminacee e leguminose ed eventualmente specie arbustive o alberi, da scegliere in relazione alle caratteristiche ambientali

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

del sito (vegetazione, clima, suolo, fattori topografici) nonché i concimi organici e gli ammendanti necessari. compresa la regolarizzazione del terreno, i ripristini, le cure colturali e la manutenzione del manto erboso.

Sarà predisposto un doppio strato di stuoie costituite da torba, concime, semi, ed altri componenti aggiuntivi coadiuvanti germinativi, dello spessore di 2 cm, opportunamente fissate a monte con picchetti e stese sul terreno facendo in modo che lo strato torboso venga a contatto del suolo e formi una idonea cotica erbosa. Contemporaneamente alla posa delle stuoie si dovrà provvedere anche alla semina delle specie arbustive o degli alberi. Dopo 3-4 settimane dalla posa in opera delle stuoie si dovrà procedere alla concimazione.

Tale rivestimento dovrà essere protetto e fissato con una rete in trefoli di acciaio zincati e plastificati da minimo 3 mm e maglie da 30 x 30 opportunamente legate con filo da millimetri 3 ogni 50 cm a profilati in acciaio tipo "Zores" da 200 x 90 disposti in modo da formare riquadri del lato di m 6. La rete metallica dovrà seguire l'andamento del terreno e dovrà essere resa rigida mediante tondini di acciaio di 16 mm, saldati sotto l'ala dei profilati, in modo da formare dei riquadri di m 2 x 2 e verniciati con antiruggine e pittura. I predetti profilati, incassati con la base minore nel terreno e con le ali poggianti sulla superficie dello stesso, in corrispondenza di ciascun nodo saranno collegati fra loro con una piastra di acciaio dello spessore di mm 10 e delle dimensioni di cm 50 x 30, opportunamente forata, la quale sarà fissata ai sottostanti profilati mediante bulloneria.

Detti nodi verranno ancorati al terreno stabile con chiodatura di acciaio di idonea lunghezza per garantire la migliore adesione.

Saranno onere dell'ESECUTORE tutte le operazioni necessarie per dare la sistemazione completa e finita a regola d'arte, compresa la regolarizzazione del terreno, i ripristini, le cure colturali e la manutenzione del manto erboso, secondo le prescrizioni della Sez. 15 del presente Capitolato.

9.8.3.3. Mantellate in grigliato

Le mantellate in grigliato articolato saranno composte da elementi componibili prefabbricati in calcestruzzo vibrocompresso della classe C25/30 ed opportunamente armato con barre di acciaio di tipo adeguato del diametro minimo di mm 3..

Ogni elemento avrà dimensioni di circa 0,25 m² ,con naselli ad incastro a coda di rondine sporgenti dal perimetro che consentano di ottenere una mantellata continua ed articolata in grado di seguire gli assestamenti delle superfici di posa

Lo spessore dell'elemento sarà compreso fra i 9 e i 10 centimetri e il peso fra 30 e 35 Kg, in modo da ottenere una superficie di mantellate con massa di Kg 120-140 per m².

Ogni elemento dovrà presentare un congruo numero di cavità a tutto spessore la cui superficie globale risulti fra il 35 ed il 40 % dell'intera superficie dell'elemento stesso.

Potranno essere richiesti elementi speciali provvisti di incastro a snodo articolato su pezzi in calcestruzzo armato, da utilizzarsi in quelle particolari posizioni ove siano previsti sforzi di trazione specie in corrispondenza di cambiamento di pendenza del rivestimento. Potranno essere richiesti inoltre pezzi speciali per la protezione di superfici coniche.

La posa in opera sarà realizzata previa regolarizzazione e sistemazione della superficie, l'intasamento dei vuoti con terra vegetale, la successiva semina di miscuglio di specie erbacee ed ogni altra fornitura, prestazione ed onere per dare il lavoro compiuto a perfetta regola d'arte.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

9.8.3.4. Rivestimento con rete metallica

Il rivestimento sarà realizzato mediante posa di rete metallica, del peso non inferiore a 140 N/m², formata con filo di ferro zincato del diametro di 3 mm, a maglie esagonali a doppia torsione con fissaggio alle pareti mediante barre di acciaio Ø 12 mm ad aderenza migliorata del tipo B450C, in numero di almeno una ogni 4 metri quadrati, lunghe fino a 2 m, ancorate in fori del diametro di 5 cm con malta cementizia.

9.8.3.5. Viminate

Le viminate per il consolidamento di scarpate saranno formate da paletti di castagno (lunghezza 80 cm x 6 cm) infissi nel terreno per 60 cm e posti alla distanza di 2,00 m l'uno dall'altro.
I paletti in castagno saranno intervallati da tre paletti di salice (lunghezza 50 cm x 4 cm) infissi per30 cm, posti alla distanza di 50 cm l'uno dall'altro.
I paletti di salice saranno intrecciati con verghe di salice vivo per un'altezza di 25 cm, di cui 10 cm entroterra, previo scavo di un solchetto.
La viminata sarà completata da talee, di salice (lunghezza30 cm x 2,5 cm) infisse nel terreno per 20 cm e disposte su due file nel numero di 6 ogni 50 cm di viminata, alla distanza di10cm tra fila e fila.

9.8.4. GABBIONATE

A difesa del corpo stradale, oltre ai citati interventi, possono essere impiegate le gabbionate.

Saranno realizzate a qualsiasi altezza rispetto al piano stradale e saranno costituite da gabbioni metallici di qualsiasi tipo e dimensione. Per i particolari tecnici si rimanda al par. 9.6.2.3 "Manufatti in rete metallica e pietrame".

Se necessario potrà essere posto in opera uno strato filtrante geotessile non tessuto per garantire il drenaggio delle acque piovane.

9.8.5. CANALETTE, CUNETTE E CUNICOLI

Per agevolare lo smaltimento delle acque piovane ed impedire infiltrazioni dannose all'interno del corpo stradale, è prevista, ove necessario, la sistemazione e la costruzione di canalette, cunette e cunicoli.

Le canalette saranno elementi prefabbricati in lamiera di acciaio, ondulata e zincata, oppure in conglomerato cementizio.

L'acciaio della lamiera ondulata dovrà essere della qualità di cui alla norma UNI EN 10025-2, con contenuto di rame non inferiore allo 0,20% e non superiore allo 0,40%, spessore minimo di 1,5 mm, carico unitario di rottura non minore di 340 N/mm² e sarà protetto su entrambe le facce da zincatura a bagno. Sarà sistemato il letto di posa ed eseguiti i necessari rinfianchi con idonei materiali, come previsto dalle norme di impiego degli elementi stessi. Nella posa in opera saranno compresi i raccordi, i tiranti, i profilati di rinforzo, i paletti di sostegno disposti a interasse 3 m, la bulloneria ed ogni altro onere per l'esecuzione del lavoro.

La formazione della cunetta potrà avvenire con elementi prefabbricati in conglomerato cementizio, le cui caratteristiche saranno prescritte dal progettista. Questa opera comprenderà la regolarizzazione del piano di posa, la fornitura degli elementi prefabbricati, la sigillatura dei giunti con malta cementizia e quanto altro necessario per dare i lavori finiti.

Per gli elementi in conglomerato cementizio si rimanda alla Sezione 6 "Opere in conglomerato cementizio" del presente Capitolato.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La costruzione di cunicoli drenanti, aventi sezione all'interno del rivestimento, non superiore a 3 m^2, potrà avvenire con perforazione sia a mano che meccanica in terreni di qualsiasi natura durezza e consistenza, compresi gli oneri per la presenza e lo smaltimento di acqua di qualsiasi entità e portata; compresi gli oneri per tutte le puntellature, armature e rivestimento di qualsiasi tipo, natura, ed entità. Nella esecuzione del lavoro si dovranno adottare gli stessi sistemi di scavo utilizzati per le gallerie, quali l'impiego di centinature, semplici o accoppiate, costituite da profilati o da strutture reticolari in ferro tondo, se del caso integrate da provvisorie puntellature intermedie; il contenimento del cielo o delle pareti di scavo con elementi prefabbricati in conglomerato cementizio e con conglomerato cementizio lanciato a pressione con l'eventuale incorporamento di rete e centine metalliche; l'impiego di ancoraggi e bulloni, marciavanti e lamiere metalliche; l'uso di attrezzature speciali e di altre apparecchiature meccaniche ed in genere qualsiasi altro metodo di scavo a foro cieco.

Per l'esecuzione degli scavi in presenza di terreni particolarmente compatti, roccia dura da mina o grossi trovanti, potrà essere consentito l'uso delle mine ma con cariche modeste e alloggiate in fori di profondità adeguatamente limitata, previa autorizzazione delle competenti autorità.

Per quanto concerne le prescrizioni per gli scavi in sotterraneo e per il rivestimento in conglomerato delle pareti di scavo, valgono, per quanto applicabili, le prescrizioni di cui alla Sezione "Gallerie" del presente Capitolato.

9.9. OPERE DI DIFESA DAL MARE

9.9.1. STRATO DI BASE PER SCOGLIERE O NUCLEO PER RIPASCIMENTO SPIAGGE

Lo strato di base, avente lo spessore previsto dal progetto, sarà formato da uno strato di detrito di cava escluso terriccio, il cappellaccio e il materiale eterogeneo; dovrà, in ogni caso, essere non suscettibile all'azione dell'acqua cioè non solubile né plasticizzabile.

L'ESECUTORE avrà cura che lo strato di base abbia la massima compattezza; pertanto nel versamento o varo dovrà mettere in atto tutte le cautele utili affinché la percentuale dei vuoti sia ridotta al minimo possibile e dovrà provvedere al relativo spianamento.

Le modalità di compattazione dovranno rispettare le prescrizioni riportate nella Sezione 5 "Opere in terra e scavi" del presente Capitolato relativamente ai rinterri salvo nel caso in cui, a causa di particolari soggezioni ambientali contingenti (es. scogliere sommerse), si concordino con FERROVIE diverse prescrizioni esecutive.

Il complesso della gettata dovrà essere eseguito per tratti a sezione completa oppure a strati orizzontali. Il misto di cava utilizzato dovrà avere una pezzatura assortita con dimensione massima non superiore a 5 cm.

9.9.2. STRATO PROTETTIVO IN GEOTESSILE

Lo strato protettivo della fondazione delle scogliere, con funzione di filtro antierosivo, sarà realizzato con geotessile non tessuto in fibre sintetiche a filamenti continui, coesionate mediante a gugliatura meccanica con esclusione di colle e altri componenti chimici; avrà peso non inferiore a 3 N/m^2 e resistenza a trazione non inferiore a 105 daN.

Il fissaggio sul fondo, regolarizzato, sarà effettuato con pioletti, tondini di ferro o massi, se necessario con l'impiego di palombari.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

9.9.3. STRATO DI BASE IN SCAPOLI DI PIETRAME

Per l'esecuzione dei lavori relativi alla realizzazione di strato di base o intasamento di scogliere realizzato con pietrame in scapoli della massa singola compresa tra kg 20 e kg 50 l'ESECUTORE dovrà provvedere alla fornitura, al trasporto con qualsiasi mezzo, via mare o ferrovia o per strade ordinarie dalla cava al luogo d'impiego, ed alla posa in opera delle quantità di massi e massotti delle singole categorie nelle percentuali che saranno previste dal progetto esecutivo.

Per le prescrizioni in merito alle modalità della fornitura del pietrame, si faccia riferimento al precedente par. 9.6.2.4 "Scogliere in pietrame".

9.9.4. SCOGLIERA FORANEA

Per la realizzazione della scogliera foranea (sia emergente che sommersa) realizzata con massi naturali si applicano le stesse prescrizioni e modalità del par. 9.6.2.4 "Scogliere in pietrame".

9.9.5. RIMOZIONE, RECUPERO E POSA IN OPERA DEI MASSI

Nelle operazioni di recupero l'ESECUTORE dovrà attenersi alle disposizioni di dettaglio che saranno impartite all'occorrenza e non dovrà effettuare recuperi in assenza del personale addetto al controllo sul posto, pena il non riconoscimento dei recuperi eseguiti. La quantità dei massi recuperati verrà constatata in contraddittorio fra un rappresentante delle FERROVIE ed uno dell'ESECUTORE, pesando i massi stessi singolarmente con un dinamometro tarato od altro meccanismo idoneo, fornito a cura e spese dell'ESECUTORE.

9.9.6. RICARICO O FORMAZIONE DI SCOGLIERE RADENTI CON MASSI ARTIFICIALI

Per i conglomerati cementizi da utilizzarsi per il confezionamento di massi artificiali per il ricarico o la formazione di scogliere radenti (sia emergenti che sommerse) valgono le prescrizioni della Sezione 6 "Opere in conglomerato cementizio" del Capitolato, ove applicabili.

I massi artificiali dovranno essere eseguiti in conglomerato cementizio della classe di resistenza caratteristica 300 daN/cm^2 confezionato con cemento pozzolanico con aggiunta di idonei additivi.

Essi avranno forma e dimensioni conformi al progetto esecutivo e saranno collocati in opera entro e fuori acqua, con l'impiego di adeguati mezzi terrestri o marittimi.

Le casseforme, lignee o metalliche, per la confezione dei massi artificiali saranno costituite da una robusta ossatura tale da non subire deformazioni sotto la spinta del calcestruzzo, esse dovranno avere le dimensioni prescritte, nonché quattro fiancate opportunamente collegate fra loro con bulloni e dadi manovrabili. Opportune sporgenze e canalette saranno applicate tanto sul fondo che sulle pareti laterali delle casseforme per creare nei massi scanalature indispensabili per il passaggio delle catene di sospensione.

L'ESECUTORE, a sua cura e spese e per particolari esigenze, potrà adottare altri organi di presa per la sospensione dei massi creando mediante forme o cassette nella massa del calcestruzzo i vani necessari per il passaggio dei medesimi.

In ogni caso l'ESECUTORE stesso sarà unico responsabile della buona riuscita dei massi. L'ESECUTORE dovrà inoltre disporre di un numero sufficiente di casseforme in modo da corrispondere adeguatamente alla produzione e stagionatura dei massi.

Le pareti interne delle casseforme dovranno essere preventivamente trattate con opportuni preparati disarmanti, al fine di evitare al momento del disarmo eventuali distacchi. Ciascun masso dovrà avere la faccia

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

superiore perfettamente orizzontale e dovrà essere ultimato nello stesso giorno nel quale e' stato iniziato il getto.

I massi artificiali dovranno rimanere nelle loro casseforme per tutto il tempo necessario a un conveniente indurimento del calcestruzzo. Non saranno accettati quei massi che si riscontrassero lesionati o difettosi all'atto della rimozione della cassaforma. I massi sformati non potranno essere sollevati e trasportati al sito di impiego o di deposizione provvisorio se non dopo trascorso il termine necessario alla loro completa maturazione.

In apposito registro sarà tenuta nota della data del getto di costruzione, della rimozione della cassaforma e dello stagionatura dei massi.

I massi dovranno essere trasportati dal posto di getto a quello di impiego e collocati in opera con adeguati mezzi terrestri o marittimi di sollevamento e trasporto a cura e spese dell'ESECUTORE. Particolare cura dovrà essere posta nella sistemazione in loco tenendo debito conto delle pezzature e dell'assortimento dei materiali stessi, affinché la struttura possa avere adeguata compattezza.

Prima della posa in opera dei massi artificiali, l'ESECUTORE dovrà porre i necessari segnali di direzione, fissi e mobili, entro e fuori acqua, ed ogni altro sistema di segnalazione e di controllo. Il volume dei massi che cadessero in acqua per qualsiasi causa, di quelli che non venissero dati in opera nel modo prescritto ed infine di quelli che eventualmente si deteriorassero, o addirittura si rompessero durante le operazioni di trasporto e posa in opera, non sarà contabilizzato, restando altresì a carico dell'ESECUTORE il salpamento dei massi stessi e la sostituzione di quelli perduti, deteriorati o, comunque, non impiegabili.

Nel caso in cui i massi artificiali vengano impiegati per la realizzazione delle mantellate di scogliera, i massi artificiali dovranno essere collocati in doppio strato. Inoltre, una volta completata l'opera e ad assestamenti avvenuti, la mantellata medesima dovrà avere un indice di pieno non inferiore al 60% sia lungo la sezione corrente che in testata.

9.9.6.1. Ripascimento di spiaggia con materiale sabbioso

Il materiale sabbioso necessario per il ripascimento, proveniente tutto o in parte sia da cave di prestito terrestri che da dragaggio dovrà, mediamente, avere una curva granulometrica dove il valore d 50 deve essere compreso fra 1,5 ed 8,5 mm. Pertanto, prima dell'inizio dei lavori dovranno essere eseguite idonee indagini, atte a verificare la granulometria richiesta, sia per il materiale proveniente da cave, sia per il materiale proveniente da dragaggio, restando inteso che sia le cave che gli specchi d'acqua da cui verrà prelevato il materiale saranno individuati a cura dell'ESECUTORE al quale fanno carico anche tutti i relativi permessi ed autorizzazioni.

Per quanto sopra, in particolare, qualora si proceda mediante dragaggio, verranno eseguiti opportuni prelievi nelle zone preliminarmente individuate dall'ESECUTORE, cui farà anche carico, qualora i prelievi dessero risultati positivi, richiedere i permessi di legge alle autorità competenti. Tutti gli oneri per i prelievi e le prove di laboratorio di cui sopra sono a carico dell'ESECUTORE.

Il tout-venant per la realizzazione del cuore del ripascimento sarà valutato a metro cubo di materiale in opera. Il volume del materiale in opera sarà determinato con il metodo delle sezioni ragguagliate, fra la sagoma della opera costruita (di 2ª pianta) ed il profilo del fondale risultante dai rilievi di 1ª pianta.

Nel caso in cui il tout-venant venga utilizzato per il riempimento tra i pennelli anche a T esso sarà versato dopo l'ultimazione dei pennelli medesimi ed il rilievo di 2° pianta avverrà dopo l'ultimazione dei riempimento tra due elementi successivi.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

In ogni caso, mediante verbale in contraddittorio con FERROVIE, dovrà risultare esistente in opera, per ogni singola cella, il volume complessivo di materiale teorico determinato montando le sezioni tipo di progetto sulle sezioni di 1ª pianta già rilevate per la stessa cella, indipendentemente dalla nuova configurazione che il tout-venant verrà ad avere per effetto dei marosi; non verrà valutato il materiale che venisse a trovarsi oltre 4 m dal piede della sagoma teorica.

Resta altresì stabilito che le quote e dimensioni delle parti fuori acqua delle sezioni tipo non ammetteranno tolleranze in eccesso superiori a 10 cm ed ove presenti tali eccessi dovranno essere regolarizzati dall'ESECUTORE a sua cura e spese prima del ricoprimento con materiale sabbioso.

9.9.6.2. Ricarico o formazione di mantellata di scogliera

Per il ricarico o la formazione di mantellata di scogliera (sia emergente che sommersa), realizzata con tetrapodi, o forma assimilabile, in calcestruzzo (R. 300 daN/cm² confezionato con cemento tipo 425 pozzolanico o di alto forno e con inerti di idonea granulometria), gli elementi dovranno avere la forma e le dimensioni prescritte nel progetto approvato.

Nella costruzione dei tetrapodi, o forme similari, valgono le prescrizioni riportate nella Sezione 6 "Opere di conglomerato cementizio" del presente Capitolato.

I piazzali del cantiere per la costruzione dei tetrapodi dovranno essere realizzati a cura dell'ESECUTORE, spianati perfettamente e ricoperti da un sufficiente strato di grossa sabbia e di minuto pietrisco di cava.

In ogni caso l'ESECUTORE stesso sarà l'unico responsabile della buona riuscita dei manufatti. Inoltre, l'ESECUTORE dovrà avere un numero sufficiente di casseforme in modo da corrispondere adeguatamente alla produzione e stagionatura dei tetrapodi.

Le casseforme metalliche per la confezione di tetrapodi saranno costituite da una robusta ossatura tale da non subire deformazioni sotto la spinta del calcestruzzo. Esse dovranno avere dimensioni interne tali che gli elementi risultino delle dimensioni prescritte.

Le pareti interne delle casseforme, per la realizzazione dei tetrapodi, dovranno essere preventivamente trattate con opportuni preparati disarmanti, al fine di evitare al momento del disarmo eventuali distacchi.

Ciascun tetrapodo dovrà essere ultimato nello stesso giorno nel quale è stato iniziato il getto. I tetrapodi dovranno rimanere nelle loro casseforme durante tutto il tempo necessario per un conveniente indurimento del calcestruzzo, in relazione a quanto prescritto dalle prescrizioni riportate nella Sezione "Opere di conglomerato cementizio" del Capitolato.

Non saranno accettati quei tetrapodi che si riscontrassero lesionati o difettosi all'atto della rimozione della cassaforma.

I tetrapodi sformati non potranno essere sollevati e trasportati al sito di impiego o di deposito provvisorio se non dopo trascorso il termine necessario al loro indurimento. All'uopo, in apposito registro, sarà' tenuta nota della data di getto, rimozione della cassaforma, stagionatura e posa in opera dei manufatti.

Qualora la confezione dei tetrapodi venga eseguita nei mesi estivi, l'ESECUTORE é tenuto, a suo carico, alla aspersione dei manufatti con acqua almeno, una volta al giorno.

La vibrazione meccanica sarà fatta con vibratore a parete o con vibratore ad ago che viene introdotto dalla bocca superiore della cassaforma sino al centro del getto. I tetrapodi, dopo la stagionatura, dovranno essere posti in opera con mezzo idoneo che assicuri il loro collocamento preciso senza cadute o urti.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Per il collocamento in opera essi saranno sollevati a mezzo di speciali braghe applicate nei punti tecnicamente più idonei; quelli che all'atto della posa dovessero lesionarsi per insufficienza di presa o a causa della manovra, o per qualsiasi motivo si deteriorassero, saranno rimossi o non contabilizzati.

Nel collocamento in opera dei tetrapodi dovrà aversi cura affinché essi siano ben ravvicinati e concatenati gli uni agli altri in modo che, nello spessore previsto del rivestimento, siano sempre sovrapposti due elementi. A tale scopo viene prescritto il seguente ordine di esecuzione:

1. Saturazione con scapolame dei vuoti della superficie della mantellata di protezione del nucleo (piano di appoggio dei massi) nonché quella della scogliera di sostegno;
2. formazione del primo strato iniziando il loro collocamento dal basso verso l'alto;
3. ultimato il primo strato, si procederà alla posa in opera dei secondo sempre dal basso verso l'alto collocando ciascun elemento nei vuoti formati dal primo strato in modo da conseguire il loro completo concatenamento.

Non verranno tollerate sistemazioni in cui il volume complessivo dei tetrapodi risulti inferiore al 50% del poligono circoscritto a rivestimento protettivo della scogliera.

CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLEOPERE CIVILI

PARTE II - SEZIONE 10
OPERE DI MIGLIORAMENTO RINFORZO E STABILIZZAZIONE

10.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
10.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
10.3 DEFINIZIONI
10.4 ABBREVIAZIONI
10.5 ANCORAGGI
10.6 TRATTAMENTI COLONNARI
10.7 INIEZIONI
10.8 DRENI
10.9 MICROPALI E INFILAGGI
10.10 TOLLERANZE

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/06/2014	Emissione per Applicazione	M. Pedicini A. Latorre	F. Iacobini	P. Fumi

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumeriato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

INDICE

10.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE 7
10.1.1 SCOPO 7
10.1.2 CAMPO DI APPLICAZIONE 7
10.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO 7
10.3 DEFINIZIONI 10
10.4 ABBREVIAZIONI 10
10.5 GENERALITÀ 11
10.5.1 ONERI GENERALI 11
10.5.1.1 Preavvisi 11
10.5.1.2 Prove di carico 11
10.5.2 PRESCRIZIONI E ONERI PARTICOLARI 11
10.6 ANCORAGGI 12
10.6.1 CLASSIFICAZIONI E DEFINIZIONI 12
10.6.1.1 Tiranti di ancoraggio 12
10.6.1.2 Bulloni di ancoraggio 14
10.6.1.3 Chiodi 14
10.6.2 SOGGEZIONI GEOTECNICHE E AMBIENTALI 15
10.6.3 INDAGINI SUL SITO 15
10.6.4 MATERIALI 17
10.6.4.1 Armature metalliche 17
10.6.4.2 Apparecchi di testata 17
10.6.4.2.1 Dispositivi di bloccaggio (testata di ancoraggio) 17
10.6.4.2.2 Piastre e travi di ripartizione 18
10.6.4.3 Miscele cementizie di iniezione e loro componenti 18
10.6.4.3.1 Caratteristiche della miscela fluida 18
10.6.4.3.2 Resistenza meccanica 19
10.6.4.4 Miscele cementizie espansive 19
10.6.4.4.1 Caratteristiche della miscela fluida 20
10.6.4.4.2 Procedura per l'esecuzione delle prove 20
10.6.4.5 Impianti di preparazione e iniezione della miscela 21
10.6.4.6 Miscele cementizie 21
10.6.4.6.1 Miscele cementizie espansive 22
10.6.4.7 Dispositivi di protezione 22
10.6.4.7.1 Guaine in materiali plastici 22
10.6.4.7.2 Distanziatori, condotti di iniezione e tamponi 22
10.6.4.8 Resine e malte a base di resina 23
10.6.4.9 Vetroresine e materiali compositi 24
10.6.5 MODALITA' ESECUTIVE 26
10.6.5.1 Tiranti di ancoraggio 26
10.6.5.1.1 Campo prove preliminari 26

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

10.6.5.1.2 Perforazione 27
10.6.5.1.3 Tolleranze 29
10.6.5.1.4 Allestimento del tirante 30
10.6.5.1.5 Iniezioni 32
10.6.5.1.6 Caratteristiche degli iniettori 35
10.6.5.1.7 Protezione contro la corrosione 35
10.6.5.1.8 Tesatura 35
10.6.5.1.9 Prove 35
10.6.5.1.10 Supervisione e Monitoraggio 37
10.6.5.1.11 Registrazioni e controllo della documentazione 38
10.6.5.2 Bulloni di ancoraggio 42
10.6.5.2.1 Generalità 42
10.6.5.2.2 Perforazione 42
10.6.5.2.3 Allestimento dell'ancoraggio 42
10.6.5.2.4 Iniezione 43
10.6.5.2.5 Procedure di tensionamento e collaudo 44
10.6.5.2.6 Prove di rottura sui bulloni 45
10.6.5.2.7 Controlli e documentazione 45
10.6.5.3 Chiodi 45
10.6.5.3.1 Generalità 45
10.6.5.3.2 Prove di rottura 46
10.6.5.4 Ancoraggi e chiodi speciali 46
10.6.5.4.1 Bulloni attivi ad ancoraggio meccanico 46
10.6.5.4.2 Ancoraggi frizionali a espansione idraulica o similari 49
10.6.5.4.3 Bulloni in acciaio di tipo autoperforante 50
10.6.5.4.4 Bulloni costituiti da lamiere, barre o profilati infissi a pressione 51
10.6.5.4.5 Preconsolidamenti al fronte in galleria 51
10.7 TRATTAMENTI COLONNARI **54**
10.7.1 DEFINIZIONI **54**
10.7.2 TRATTAMENTI COLONNARI JETTING (JET GROUTING) **54**
10.7.2.1 Soggezioni geotecniche e ambientali 56
10.7.2.2 Modalità esecutive 56
10.7.2.2.1 Preparazione del piano di lavoro, tracciamento 56
10.7.2.2.2 Perforazioni 56
10.7.2.2.3 Iniezioni 57
10.7.2.2.4 Tipi di miscela 59
10.7.2.2.5 Materiali 59
Tubi in acciaio 59
Barre in acciaio speciale 60
Vetroresine 60
10.7.2.2.6 Caratteristiche delle attrezzature 60
Impianto di miscelazione 60

Centrale di iniezione ... 60
Attrezzature di iniezione ... 61
10.7.2.2.7 Definizione dei parametri operativi di prova ... 61
10.7.2.2.8 Messa a punto del sistema ed esecuzione di un adeguato campo prove ... 62
10.7.2.2.9 Ubicazione campo prova ... 63
10.7.2.2.10 Campo prova prima fase ... 64
10.7.2.2.11 Controlli da eseguire sul trattamento dei campi prova ... 64
10.7.2.2.12 Ispezione visiva ... 65
10.7.2.2.13 Omogeneità del trattamento ... 65
10.7.2.2.14 Sondaggi a carotaggio continuo ... 65
10.7.2.2.15 Prelievo dei campioni per prove di laboratorio ... 66
10.7.2.2.16 Prove in sito ... 66
10.7.2.2.17 Prove di laboratorio ... 66
10.7.2.2.18 Log sonici ... 67
10.7.2.2.19 Tomografia 2D ... 67
Campo prova seconda fase ... 68
Sondaggi a carotaggio continuo ... 69
Prelievo dei campioni per prove di laboratorio ... 69
Prove in situ ... 69
Prove di laboratorio ... 69
Rilievo sismico in 3D ... 69
Indagine geofisica 2D ... 70
Relazione finale ... 70
10.7.2.2.20 Esecuzione del trattamento ... 71
10.7.2.2.21 Controlli e documentazione ... 72
10.7.3 TRATTAMENTI COLONNARIA MISCELAZIONE MECCANICA ... **75**
10.7.3.1 Trattamento con apporto di cemento ... 75
10.7.3.1.1 Sistema con apporto di cemento per via secca ... 75
10.7.3.1.2 Sistema con apporto di cemento per via umida ... 76
10.7.3.1.3 Modalità esecutive ... 76
10.7.3.1.4 Caratteristiche dei trattamenti ... 77
10.7.3.1.5 Controlli e documentazione ... 77
10.7.3.2 Trattamento colonnare con apporto misto (calce-cemento) ... 78
10.7.4 TRATTAMENTI COLONNARI CON MISCELE CATALIZZATE ... **80**
10.7.4.1 Caratteristiche dei materiali da impiegare ... 80
10.7.4.2 Confezionamento della miscela ... 81
10.7.4.3 Controllo delle lavorazioni e delle caratteristiche finali del materiale ... 82
10.8 INIEZIONI ... **83**
10.8.1 DEFINIZIONI ... **83**
10.8.2 PROVE TECNOLOGICHE PRELIMINARI ... **83**
10.8.3 TOLLERANZE ... **84**
10.8.4 MATERIALI ... **84**

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

10.8.4.1 Miscele cementizie normali 84
10.8.4.1.1 Dosaggi 84
10.8.4.1.2 Caratteristiche reologiche 84
10.8.4.2 Miscele con cementi microfini 85
10.8.4.2.1 Caratteristiche dei cementi e dosaggi 85
10.8.4.2.2 Caratteristiche reologiche 85
10.8.4.3 Controlli e documentazione 85
10.8.5 MODALITA' ESECUTIVE 87
10.8.5.1 Perforazione 87
10.8.5.2 Allestimento dei fori di iniezione 87
10.8.5.3 Preparazione delle miscele 88
10.8.5.4 Iniezione 88
10.8.5.4.1 Trattamento di impregnazione 89
10.8.5.4.2 Trattamenti di intasamento 89
10.8.5.4.3 Trattamenti di ricompressione 89
10.8.5.5 Controlli e documentazione 90
10.9 DRENI 91
10.9.1 DEFINIZIONI 91
10.9.2 MODALITA ESECUTIVE 94
10.9.2.1 Dreni verticali prefabbricati 94
10.9.2.2 Dreni in sabbia 95
10.9.2.3 Microdreni - Tubi drenanti microfessurati in galleria 97
10.9.2.3.1 Caratteristiche dei tubi filtranti 97
10.9.2.3.2 Attrezzatura 98
10.9.2.3.3 Perforazione 98
10.9.2.3.4 Installazione 98
10.9.2.3.5 Lavaggio e manutenzione dei dreni 99
10.9.2.3.6 Documentazione e controlli 99
10.9.2.4 Trincee drenanti 100
10.9.2.5 Pozzi drenanti 102
10.10 MICROPALI E INFILAGGI 107
10.10.1 MICROPALI 107
10.10.1.1 Definizioni e tipologie 107
10.10.1.2 Vincoli geotecnici e ambientali 107
10.10.1.3 Campo prove e controlli preliminari 108
10.10.1.4 Prove di collaudo 108
10.10.1.4.1 Prove di carico verticale 108
10.10.1.4.2 Prove di carico orizzontale 109
10.10.1.5 Tolleranze di costruzione 109
10.10.1.6 Materiali 109
10.10.1.6.1 Armature 109
10.10.1.7 Modalità esecutive 111
10.10.1.7.1 Micropali a iniezioni multiple selettive 111
10.10.1.7.2 Micropali a semplice cementazione 115

10.10.2 INFILAGGI 118
10.10.2.1 Definizioni 118
10.10.2.2 Tracciamento e tolleranze costruttive 118
10.10.2.3 Materiali 119
10.10.2.4 Modalità esecutive 120
10.10.2.4.1 Attrezzature e tecniche di perforazione 120
10.10.2.4.2 Allestimento dell'infilaggio 120
10.10.2.4.3 Tubi valvolati 121
10.10.2.4.4 Tubi non valvolati (tubi ciechi) 121
10.10.2.5 Controlli e documentazione dei lavori 122
10.11 TOLLERANZE 123

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

10.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

10.1.1 SCOPO

Le presenti prescrizioni si intendono integrative delle Norme di Legge vigenti in materia di esecuzione e collaudo di opere di sostegno e di fondazione.

10.1.2 CAMPO DI APPLICAZIONE

Le prescrizioni della presente sezione del Capitolato si applicano per la realizzazione di opere di consolidamento provvisorie e/o definitive all'esterno e in galleria.

Possono essere necessarie precauzioniaddizionali, da predisporre a cura del progettista, nel caso di strutture complesse o nel caso di impiego di nuovi materiali, tecnologie speciali e/o innovative.

In ogni caso, le precauzioni adottate devono essere in accordo e non differire dalle prescrizioni concernenti la sicurezza e la durabilità delle strutture, secondo quanto previsto dal progetto.

10.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di capitolato richiamate nel testo.

Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

Normativa nazionale

- D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”
- Circolare 02 febbraio 2009 n. 617/C.S.LL.PP. “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008”
- Decreto del C.S.LL.PP. n°12391 del 22/12/2011 “Linee Guida per il rilasciodella certificazione di idoneità tecnica di tirantiper uso geotecnico di tipo attivo”
- Raccomandazioni AGI-AICAP “Ancoraggi nei terreni e nelle rocce” (Edizione 2012)

Normativa ferroviaria

- RFI DTCINC CS SPIFS 001 A “Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie”;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Normativa tecnica

- UNI EN ISO 148-1:2011 “Metallic materials - Charpy pendulum impact test - Part 1: Test method (ISO 148-1:2009)”
- UNI EN 197-1:2011 “Cement - Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements”
- UNI EN 206:2014 “Concrete - Specification, performance, production and conformity”
- UNI EN 445:2007 “Grout for prestressing tendons - Test methods”
- UNI EN 446:2007“Grout for prestressing tendons - Grouting procedures”
- UNI EN 447:2007“Grout for prestressing tendons - Basic requirements”
- UNI EN 1537:2013 “Execution of special geotechnical works - Ground anchors"
- UNI EN 1990 (aprile 2002) aggiornamento A1 (dicembre 2005) con errata corrige di aprile 2010 (AC:2010). “Eurocode - Basis of structural design”
- UNI EN 1992-1-1 (dicembre 2004), correzioni del 2006 ed errata corrige 2008 (AC:2008)“Eurocode 2 - Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings”
- UNIEN 1993-1-1:2005 “Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings”
- UN EN 1993-1-8:2005/AC:2009 “Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-8: Design of joints”
- UNI EN 1994-1-1 (dicembre 2004) ed errata corrige del 2009 (AC:2009). “Eurocode 4 - Design of composite steel and concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings”
- UNI EN 1997-1 (novembre 2004) ed errata corrige del 2009 (AC:2009). “Eurocode 7 - Geotechnical design - Part 1: General rules”
- UNI EN 10025-2:2005 part 1-6 “Hot rolled products of structural steels”
- prEN 10138“Design of prestressing steel - Specification for common grout”
- EN 10138-2“Prestressing steels – Part 2: Wire”
- EN 10138-3“Prestressing steels - Part 3: Strand”
- EN 10138-4“Prestressing steels – Part 4: Bars”

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- UNI EN 10210-1:2006 part 1-3 “Hot finished structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels”
- UNIEN 12715:2003: “Execution of special geotechnical work - Grouting”
- UNIEN 12716:2003 “Execution of special geotechnical works – Jet grouting”
- UNIEN 12390-13:2013 part 1-8 “Testing hardened concrete”
- UNI EN 13252:2014 “Geotextiles and geotextile-related products - Characteristics required for use in drainage systems”
- UNI EN 14199:2005“Execution of special geotechnical works – Micropiles”
- UNI CEI EN ISO/IEC 17050-1:2010“Conformity assessment - Supplier's declaration of conformity - Part 1: General requirements”
- EN ISO/IEC 17050-2:2004“Conformity assessment - Supplier's declaration of conformity - Part 2: Supporting documentation”
- ASTM D695 - 10 “Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics” (Active Standard)
- ASTM D732 - 10 “Standard Test Method for Shear Strength of Plastics by Punch Tool” (Active Standard)
- ASTM D792 - 13 “Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement” (Active Standard)
- ASTM D1143-81(1994)E1 “Standard Test Method for Piles Under Static Axial Compressive Load” (Withdrawn Standard, No Replacement)
- ASTM D2393-86 “Test Method for Viscosity of Epoxy Resins and Related Components” (Withdrawn Standard, No Replacement)
- ASTM D2471-99 “Standard Test Method for Gel Time and Peak Exothermic Temperature of Reacting Thermosetting Resins” (Withdrawn Standard, No Replacement)
- ASTM D3916-08 “Standard Test Method for Tensile Properties of Pultruded Glass Fiber Reinforced Plastic Rod”(Active Standard)

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumeriato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

10.3 DEFINIZIONI

Contratto: Contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l'acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l'esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla stazione appaltante

Controllo: L'insieme di tutte le prescrizioni ed attività che permettono di rilevare e misurare le caratteristiche di una parte dell'impianto, di un procedimento, di un servizio, verificandola a fronte di parametri e valori precedentemente specificati, che è necessario porre in essere per consentire il raggiungimento dei requisiti di qualità delle opere, richiesti dal progettista in accordo alle necessità della Committente e delle leggi applicabili

Esecutore: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor,Contraente Generale)

Ferrovie: RFI S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (Direzione Lavori, Alta Sorveglianza)

P.C.: Piano che implementa il controllo

Prova: Forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni delle FERROVIE

Per le definizioni relative alle tipologie diinterventi trattatati nella presente Sezione si rimanda ai paragrafi specifici che seguono

10.4 ABBREVIAZIONI

ASTM: American Society for Testing and Materials

C.a.: conglomerato cementizio armato;

Cls: conglomerato cementizio;

CEN: Comitato europeo di normazione

CNR: Consiglio Nazionale delle Ricerche

EC: Eurocodice

EN: Euronorma

ISO: International organization for Standardization

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

NTC: Norme Tecniche per le Costruzioni

PEAD: Polietilene ad Alta Densità

PRFV: Plastica Rinforzata con Fibre di Vetro

PVC: PolivinileCloruro

RFI: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A.;

UNI: Ente Nazionale Italiano di Normazione

10.5 GENERALITÀ

10.5.1 ONERI GENERALI

10.5.1.1 Preavvisi

Durante la realizzazione di opere che per effetto di operazioni successive possano rendersi inaccessibili o comunque non ispezionabili, l'ESECUTORE dovrà sempre dare opportuna informazione alle FERROVIE prima di procedere con le fasi successive; nel caso in cui l'ESECUTORE non ottemperia quanto sopra,le FERROVIE potranno richiedere di mettere a nudo le parti occultate o di rendere comunque accessibili le opere non ispezionate. Le prestazioni necessarie a tal fine dovranno essere eseguite a cura e spese dell'ESECUTORE.

10.5.1.2 Prove di carico

Le prove di carico di collaudo o a rottura prescritte dalle prescrizioni contrattuali, dai documenti di progetto ed eventualmente richieste dalle FERROVIE, così come quelle previste dalle leggi vigenti, dovranno essere eseguite a cura e spese dell'ESECUTORE.

10.5.2 PRESCRIZIONI E ONERI PARTICOLARI

L'ESECUTORE dovrà condurre le indagini necessarie ad accertare l' eventuale presenza di manufatti interrati di qualsiasi natura (cunicoli, tubazioni, cavi, etc.) che possano interferire con le opere da realizzare o che possano essere danneggiati o comunque arrecare danno durante l'effettuazione dei lavori. Tali indagini e le eventuali rimozioni e modifiche da eseguire dovranno in ogni caso essere effettuate prima dell'inizio delle operazioni di perforazione.

L'ESECUTORE dovrà verificare e fare in modo che il numero, la potenza e la capacità operativa delle attrezzature siano tali da consentire una produttività congruente con i programmi di lavoro previsti.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Dovrà essere altresì cura dell'ESECUTORE selezionare e utilizzare le attrezzature più adeguate tenuto conto delle condizioni ambientali, stratigrafiche e idrogeologiche dei terreni e delle dimensioni delle opere da realizzare.

L'ESECUTORE dovrà adottare tutti gli accorgimenti necessari ad attenuare i disturbi alle persone derivanti dalle vibrazioni e dai rumori connessi con le attività di scavo. Dovrà essere altresì cura dell'ESECUTORE evitare che le operazioni di perforazione, infissione o iniezione arrechino danno, per effetto di vibrazione e/o spostamenti di materie, a opere di consolidamento adiacenti e a opere e manufatti preesistenti.

L'ESECUTORE dovrà provvedere a sue spese all'immediato trasporto a rifiuto di tutti i materiali di risulta provenienti dalle perforazioni e dalle lavorazioni comunque connesse con la realizzazione dei consolidamenti.

L'ESECUTORE dovrà far eseguire tutti i controlli e le prove previste dal presente capitolato nonché quelle addizionali richieste.

10.6 ANCORAGGI

Per quanto non espressamente descritto in questa sezione, relativamente ai tiranti di ancoraggio si farà in ogni caso riferimento alla parte 6.6 delle NTC2008 così come integrate dalla circolare 617/2009 al paragrafo C6.6. e, per dettagli ulteriori, alla norma UNI EN 1537:2013. Per tutti i sistemi di ancoraggio in generale si dovrà fare riferimento alle prescrizioni riportate nelle raccomandazioni AGI AICAP (Edizione 2012)per gli aspetti geotecnici, costruttivi, tecnologici e di prova;per i materiali, invece, ci si dovrà attenere anche al capitolo 11 delle NTC 2008 al corrispondente paragrafo della circolare 617/2009 e alle norme tecniche ivi richiamate.

10.6.1 CLASSIFICAZIONI E DEFINIZIONI

Gli ancoraggi sono identificati dalle seguenti tipologie esecutive:

- tiranti di ancoraggio;
- bulloni di ancoraggio;
- chiodi.

Queste tipologie sono descritte e trattate nel dettaglio nei paragrafi seguenti.

10.6.1.1 Tiranti di ancoraggio

Per tiranti di ancoraggio si intendono elementi strutturali connessi al terreno o alla roccia, che in esercizio sono sollecitati a trazione.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Le forze di trazione sono quindi applicate alla struttura da tenere ancorata mediante una piastra di ripartizione (testata). Le testate presenti ad uno stesso livello di quota della struttura da ancorare possono essere collegate da travi di ripartizione, atte a garantire una migliore distribuzione dei carichi. Per le caratteristiche delle testate e delle travi si deve far riferimento a tutte le prescrizioni di progetto.

In relazione alle modalità di sollecitazione, i tiranti vengono distinti in:

- tiranti non presollecitatinei quali la sollecitazione di trazione nasce quale reazione a seguito di una deformazione dell'opera ancorata;
- tiranti parzialmente presollecitati o presollecitati, nei quali la sollecitazione di trazione è impressa in tutto o in parte all'atto del collegamento con l'opera ancorata.

In relazione alla durata di esercizio, i tiranti vengono distinti in:

- tiranti provvisori, la cui funzione deve essere espletata per un periodo di tempo limitato e definito a priori;
- tiranti permanenti, la cui funzione deve essere espletata per un periodo di tempo commisurato alla vita utile dell'opera ancorata. Per le limitazioni relative all'utilizzo di tiranti definitivi per opere di sostegno in ambito ferroviario deve essere applicato quanto riportato nella "Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie"- RFI DTCINC CS SPIFS 001 A.

Le parti funzionali del tirante possono essere individuate in:

- testata: insieme degli elementi terminali atti a trasmettere alla struttura ancorata la forza di trazione del tirante;
- parte libera: insieme degli elementi atti a trasmettere la forza di trazione dalla testata alla fondazione del tirante;
- fondazione: insieme degli elementi atti a trasmettere al terreno le forze di trazione del tirante.

Con riferimento a esse,gli elementi costitutivi del tirante sono individuabili in:

- dispositivi di bloccaggio;
- armature e guaina;
- dispositivo di ancoraggio della fondazione.

Di norma l'armatura dei tiranti di ancoraggio è costituita da un fascio di trefoli in acciaio del tipo per c.a.p. solidarizzati al terreno mediante iniezioni cementizie selettive.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumeriato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Per quanto attiene alla definizione, classificazione e tipologia dei tiranti si potrà comunque far riferimento a quanto riportato nelle succitata normativa (decreto 12391/2011)e al capitolo 3 della norma UNI EN 1537 con l'avvertenza che nell'ambito dei lavori ferroviari, dovranno essere impiegati esclusivamente tiranti aventi doppia guaina di protezione (sia sul singolo elemento strutturale sia sul gruppo) nella parte libera e con singola guaina nella fondazione (fondazione protetta), fermo restando la succitata prescrizione sulla durata di esercizio dei tiranti.

10.6.1.2 Bulloni di ancoraggio

Si tratta di elementi strutturali che in esercizio sono sollecitati a trazione e che sono in grado di assorbire anche eventuali sollecitazioni taglianti.

Si tratta quindi di tiranti particolari, i cui elementi caratteristici sono:

- armatura costituita da una singola barra;
- lunghezza in genere non superiore a 12 m;
- impiego prevalente in roccia;
- solidarizzazione per semplice cementazione o per frizione, concentrata o diffusa su tutta la lunghezza.

Analogamente ai tiranti di ancoraggio è possibile distinguere i bulloni in base alle modalità di applicazione degli sforzi di trazione (attivi e passivi) e in base alla durata di esercizio (provvisori e permanenti).

I bulloni sono generalmente caratterizzati dalla peculiarità di possedere dispositivi di ancoraggio provvisorio o definitivo a espansione meccanica.

10.6.1.3 Chiodi

Si tratta di ancoraggi tipicamente passivi, costituiti da elementi strutturali integralmente connessi al terreno e operanti in un dominio di taglio e trazione, con l'armatura costituita da:

- barra in acciaio ad aderenza migliorata;
- profilato metallico;
- barra o tubo in vetroresina o altro materiale composito con superficie corrugata o scabra.

La connessione al terreno può essere ottenuta mediantecementazionecon miscele cementizie o chimiche, o mediante mezzi meccanici.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

10.6.2 SOGGEZIONI GEOTECNICHE E AMBIENTALI

Oltre al rispetto di quanto previsto nella norma UNI EN-1537, dovranno essere valutati con molta attenzione i pericoli di corrosione delle armature presollecitate e di aggressione chimico-fisica dei bulbi di ancoraggio, poiché l'azione aggressiva è esaltata dal movimento dell'acqua, dalla temperatura elevata e dalle correnti vaganti. Le classi di aggressività dell'ambiente nei riguardi del cemento sono indivuduatein base alla UNI EN206. Il tipo di cemento da impiegare in funzione della classe d'esposizione sarà scelto in base alla norma UNI EN-197-1.

10.6.3 INDAGINI SUL SITO

Il terreno è un elemento basilare per il funzionamento dei tiranti e degli altri ancoraggi, pertanto è essenziale un'indagine geognosticadi buona qualità. Una causa frequente di cedimento dei tiranti in fase di prova è la mancanza di accurate informazioni sulle locali condizioni del terreno circostante.

Dato che si installano frequentemente anche ancoraggi inclinati oltreché verticali, si dovrebbero investigare le variabili caratteristiche del terreno anche lateralmente oltre che in verticale.

Tutte le indagini geognostichedevono essere in accordo con le istruzioni generali e specifiche fornite nella circolare 617/2009 (paragrafi C 6.2. e C 6.6.) ed eseguite in conformità con i requisiti e le raccomandazioni della UNI EN 1997-1"Eurocodice 7- Parte 1".

L'indagine geognosticadeve essere estesa all'intorno del sito, in modo che il profilo stratigrafico possa essere interpolato fra i sondaggi, anziché estrapolato fuori area.

Per quanto possibile, l'indagine dovrà estendersi a un volume di terreno superiore a quello effettivamente interessato dalle tensioni indotte dai tiranti.

Le profondità raggiunte con l'indagine geognosticadevono essere tali da poter accertare che:

1) è dimostrata la presenza di una formazione geologica nota;

2) non esiste alcuno strato profondo che ostacoli il progetto;

3) le condizioni freatiche sono ben definite.

Oltre al profilo litologico e strutturale del terreno in conformità alla UNI EN 1997-1"Eurocodice 7-Parte 1", si devrà anche accertare quanto segue:

a) per i terreni sciolti:

- classificazione e descrizione del terreno (granulometria, contenuto di umidità,tenore d'acqua, massa volumica, densità relativa, limiti di Atterberg),

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- resistenza a taglio, compressibilità e rigidità radiale,
- permeabilità,
- condizioni della falda,
- potenziale corrosivo del terreno e dell'acqua,
- presenza di correnti elettriche vaganti;

b) per le rocce:

- classificazione (geometria delle discontinuità, peso per unità di volume, grado di alterazione, prove di classificazione),
- stratificazione,
- resistenza a compressione semplice della roccia intatta,
- resistenza a taglio e deformabilità della massa di roccia,
- permeabilità,
- condizioni della falda,
- potenziale corrosivo della roccia e dell'acqua,
- presenza di correnti elettriche vaganti.

Da queste informazioni dovrà essere possibile individuare le eventuali difficoltà riguardanti:

- ostacoli potenziali per la perforazione (perforabilità);
- procedimento di perforazione (perforabilità);
- stabilità del foro;
- venute d'acqua nel foro;
- perdita di miscela d'iniezione dal foro.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

10.6.4 MATERIALI

10.6.4.1 Armature metalliche

L'acciaio impiegato nella realizzazione degli ancoraggi dovrà essere conforme a quanto riportato nel paragrafo 6.2 della norma UNI EN-1537.

E' consentito, ove espressamente previsto dai disegni di progetto e autorizzato da FERROVIE, l'impiego di barre in acciai speciali e a filettatura continua, ad alto limite di snervamento. Le caratteristiche di tali acciai dovranno essere certificate dal produttore, e verificate a norma dei regolamenti già richiamati.

In particolare, sarà curata la protezione delle testate di ancoraggio e saranno utilizzate idonee iniezioni di intasamento dei fori a base di cementi ad alta resistenza all'aggressione chimica e al dilavamento secondo la Norma UNI EN-197-1.

Per quanto riguarda le prescrizioni su:

- armatura
- accoppiatori
- lunghezza vincolata di armatura
- distanziatori e altri componenti nel foro

si rimanda ai paragrafi 6.2, 6.4, 6.5 e 6.6 della UNI EN-1537.

Per quanto riguarda le prescrizioni su:

- protezione da corrosione per armatura
- componenti e materiali anticorrosivi
- controllo della protezione

si rimanda ai paragrafi da 6.9 a 6.12 della UNI EN-1537.

10.6.4.2 Apparecchi di testata

10.6.4.2.1 *Dispositivi di bloccaggio (testata di ancoraggio)*

Si devrà far riferimento al paragrafo 6.3 della norma UNI EN 1537.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

I dispositivi di bloccaggio dei trefoli dovranno inoltre essere conformi alle NTC2008ed alla norma UNI EN 1992-1-1:2004 ed eventuali successivi aggiornamenti.

Per i bulloni si dovrà fare invece riferimento alle NTC 2008 (parte 4.2.8.1 Unioni con bulloni ; par.11.3.4.6Bulloni e chiodi) e allanorma UNI EN 1993-1-8:2005/AC:2009.

10.6.4.2.2 *Piastre e travi di ripartizione*

Si dovranno adottare piastre ed eventuali travi di ripartizione, secondo le dimensioni scelte dal progettista in relazione alle caratteristiche geometriche e di carico dei tiranti e alle caratteristiche di resistenza e deformabilità del materiale di contrasto.

10.6.4.3 Miscele cementizie di iniezione e loro componenti

Negli ancoraggi in terreni o roccia, allo scopo di assicurare l'aderenza e soprattutto proteggere i cavi dalla corrosione, è necessario che le guaine o i fori vengano iniettati con miscela cementizia fluida, a ritiro compensato e con adeguata resistenza meccanica come nel seguito specificato.

Tale miscela costituita da cemento, additivi e acqua, non dovrà contenere cloruri, polvere di alluminio, coke o altri agenti che provocano espansione mediante formazione di gas aggressivi.

Per le prescrizioni sulle caratteristiche delle malte cementizie e relativi additivi, si rimanda ai paragrafi 6.7 e 6.8 della UNI EN-1537.

Si dovranno eseguire prove di laboratorio ed in sito per verificare la composizione della miscela, l'efficacia della mescolazione, i tempi di presa e le caratteristiche generali, verificando che esse siano in accordo con quanto previsto da progetto. Tali prove dovranno essere condotte secondo laUNI EN 445, per quanto applicabile.

10.6.4.3.1 *Caratteristiche della miscela fluida*

- Il cemento, esclusivamente di tipo III - IV o V, 42.5 (UNI EN 197-1), dovrà contenere una percentuale di cloro inferiore allo 0,05% in massa e avere un contenuto totale di zolfo da solfuri inferiore allo 0,15% in massa.

- L'acqua dovrà avere caratteristiche conformi a quanto previsto in merito nella Sezione 6"Opere in conglomerato cementizio" del Capitolato. Il rapporto a/c della miscela, da determinare sperimentalmente per ogni tipo di cemento, dovrà essere il minore possibile compatibilmente con la fluidità richiesta e comunque non dovrà superare il valore 0,40.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- La massa volumica della miscela fresca non dovrà scostarsi da quella teorica di ± 3% e non risultare inferiore a 1,85 t/mc.

- Ove prevista nelle iniezioni la sabbia dovrà essere di cava, di fiume o di frantoio, scevra di materie micacee, lavata e vagliata, con assorbimento di grani delle dimensioni tra 0.5 mm e 1 mm e con percentuali non inferiori al 50 % di grani delle dimensioni non superiori a 0.35 mm e comunque adatta per le iniezioni.

- La fluidità della miscela cementizia da iniettare dovrà essere misurata con il cono di Marsh. La prova si esegue misurando il tempo complessivo di deflusso di 2 litri di miscelada una bocca di uscita di 13 mm. La miscela sarà ritenuta idonea se tale tempo risulterà compreso tra 10 e 30 secondi.

- L'essudazione non dovrà essere maggiore di 0,1%. Il controllo si esegue versando 1000 ml di miscela in un cilindro graduato avente diametro di 60 mm e altezza di 450 mm circa, misurando l'eventuale acqua essudata sulla superficie della miscela, mantenuta in riposo per tre ore.La prova di fluidità e la prova di essudazione dovranno essere eseguite all'inizio di ciascuna giornata lavorativa e in ogni caso saranno ripetute dopo l'iniezione di 20 ancoraggi. Se, in occasione di tali controlli, anche solo una delle due prove non risultasse conforme a quanto prescritto, le iniezioni dovranno essere sospese e potranno riprendere solo dopo la confezione di una nuova miscela con caratteristiche idonee.

- Il ritiro dovrà essere compensato dall'espansione che dovrà essere di almeno 400 micron/metro dopo due giorni.

- Il tempo di inizio presa, a 20° C e in condizioni di umidità relativa del 75%, dovrà essere superiore a tre ore, mentre il tempo di fine presa dovrà essere inferiore a 10 ore.

Il tempo di inizio presa va misurato secondo quanto previsto nel paragrafo7.1 - Prospetto II della Norma UNI EN 197-1.

10.6.4.3.2 *Resistenza meccanica*

La resistenza alla compressione semplice misurata su almeno 2 provini cubici aventi lato di 7 o 10 cm da prelevare ogni giorno lavorativo deve risultare non inferiore a 25 N/mm^2 dopo 3 giorni, a 35 N/mm^2 dopo 7 giorni e a 50 N/mm^2 dopo 28 giorni e la massa volumica degli stessi non deve essere inferiore a 1,85 t/m^3.

La resistenza a compressione della miscela dovrà essere controllata su prelievi eseguiti su ogni tirante o gruppo di tiranti iniettati contemporaneamente.

10.6.4.4 Miscele cementizie espansive

Le miscele espansive sono costituite da cementi ad elevate prestazioni opportunamente additivati con agenti espansivi. Le miscele espansive vengono utilizzate per connettere al terreno elementi strutturali in

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

vetroresina o in acciaio o in altri materiali, sfruttando anche l'effetto di ricompressione del terreno circostante. Si tratta in genere di miscele utilizzate nel progetto delle chiodature, in particolare quelle al fronte delle gallerie naturali.

10.6.4.4.1 *Caratteristiche della miscela fluida*

La miscela è un prodotto premiscelato a base di cemento portland 52.5 additivato con agenti espandenti.

Le caratteristiche minime richieste della miscela sono quelle riportate nella seguente tabella

Tabella 10.6.1

Svuotamento al cono di MARSH dopo miscelazione (s) (UNI EN 445)	< 35"-40"
Rapporto di espansione libera	> 70%
Resistenza meccanica a compressione (N/mm^2) con espansione libera - dopo 48 ore	> 3 MPa
Resistenza meccanica a compressione con maturazione ad espansione confinata - dopo 48 ore UNI EN 196-1 modificata	> 10 MPa
Pressione di espansione confinata	> 4 MPa

10.6.4.4.2 *Procedura per l'esecuzione delle prove*

1. Fluidità cono di marsh: prova secondo UNI EN445.

2. Rapporto di espansione libera: deve essere riempito un cilindro graduato (capienza maggiore di 1500 cc) fino all'altezza di 500 cc e deve essere misurato il tempo per il raggiungimento dell'espansione massima. Deve essere fornito un grafico che rappresenti nel tempo l'andamento dell'espansione.

3. Pressione miscela confinata: deve essere versata la miscela in un cilindro di acciaio fino al raggiungimento del livello massimo e poi lo stesso deve essere chiuso mediante un tappo di tenuta munito di guarnizione; deve essere misurato il tempo per il raggiungimento della pressione massima e deve essere fornito un grafico che rappresenti nel tempo l'andamento della variazione della pressione.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

4. Resistenza a compressione della miscela a espansione semiimpedita: prova UNI EN-196-1 modificata: deve essere riempito uno stampo per provini di dimensioni 4x4x16 e posizionato un foglio di Pvc sopra la miscela con funzione di guarnizione. Lo stampo deve essere successivamente posizionato sotto una pressa per 24 ore, quindi i travetti sformati devono essere scasserati e stagionati a 20 gradi; dopo 48 ore di stagionatura sono sottoposti a prove di compressione uniassiale come da UNI EN-196-1.

5. Resistenza a compressione della miscela a espansione libera: la miscela viene disposta in cubiere per un' altezza di circa 2/3 e dopo 24 ore viene scasserata e sottoposta, dopo un maturazione di 48 ore a 20°C, a prove di compressione monoassiale.

10.6.4.5 Impianti di preparazione e iniezione della miscela

10.6.4.6 Miscele cementizie

Le miscele dovranno essere confezionate utilizzando impianti a funzionamento automatico o semi-automatico dotati di:

- bilance elettroniche per componenti solidi;
- vasca volumetrica per acqua o flussometri ad alta precisione;
- mescolatore primario a elevata turbolenza (min. 1500 giri/min);
- vasca di agitazione secondaria e dosatori volumetrici delle miscele cementizie.

L'impastatrice dovrà essere del tipo ad alta velocità con almeno 1500÷2000 giri/min. E' vietato l'impasto a mano e il tempo di mescolamento verrà fissato di volta in volta in base ai valori del cono di Marsh modificato.

Successivamente all'impianto del cantiere e prima dell'inizio delle lavorazioni dovrà essere eseguita la taratura delle bilance per i componenti solidi.

Prima di essere immessa nella pompa la miscela dovrà essere vagliata con setaccio a maglia di 2 mm di lato.

E' tassativamente prescritta la disposizione di tubi di sfiato in corrispondenza di tutti i punti più elevati di ciascun tirante.

Il sistema di iniezione dovrà registrare e controllare in modo automatizzato ed in continuo i parametri principali di iniezione (pressione, volume e portata).

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

L'iniezione dovrà avere carattere di continuità e non potrà assolutamente venire interrotta. In caso di interruzione superiore a 5 minuti, a causa di forza maggiore, il foro verrà lavato e l'iniezione andrà ripresa dall'inizio.

Si dovrà provvedere con appositi contenitori affinché la miscela di sfrido non venga scaricata senza alcun controllo nel cantiere di lavoro.

10.6.4.6.1 *Miscele cementizie espansive*

L'impianto di produzione, qualora il materiale sia fornito in sacchi, deve disporre almeno di un dosatore dell'acqua, di termometri (per la misura della temperatura ambiente, dei componenti e della miscela), di un contasecondi e di idonei sistemi di riscaldamento/isolamento dei componenti se previsti a causa delle particolari condizioni ambientali. Tutti gli strumenti devono essere provvisti di idonea taratura non anteriore a 6 mesi.

Particolare attenzione dovrà essere posta nella determinazione dei tempi di miscelazione prima dell'iniezione, affinché venga garantita una corretta omogeneizzazione dell'impasto senza però far iniziare l'effetto espansivo, che dovrà invece avvenire in foro garantendo i requisiti di progetto in termini di fattore di espansione, pressione di espansione, resistenza della miscela con ogni condizione di temperatura esterna, prevedendo eventualmente il riscaldamento della miscela.

10.6.4.7 Dispositivi di protezione

10.6.4.7.1 *Guaine in materiali plastici*

La guaina è un elemento costitutivo del tirante atto a proteggere l'armatura dalla corrosione sia in corrispondenza della parte libera che della fondazione.

Nei tiranti a trefoli, ogni trefolo dovrà essere singolarmente inguainato. Di norma verranno impiegati tubetti corrugati in polietilene o polipropilene, di diametro congruente con il diametro dei trefoli o delle barre. L'intercapedine tra la guaina e la singola armatura dovrà essere perfettamente riempita con grasso meccanico chimicamente stabile, inalterabile e non saponificabile.

Per le caratteristiche delle guaine si dovrà fare riferimento a quanto previsto al paragrafo6.10.1 della norma UNI EN 1537.

10.6.4.7.2 *Distanziatori, condotti di iniezione e tamponi*

I distanziatori dovranno avere lo scopo di centrare l'armatura di ancoraggio dentro la guaina e nel foro di alloggiamento durante tutte le fasi di manipolazione, di non ostacolare il passaggio della miscela e garantire il ricoprimento dell'acciaio da parte della miscela di iniezione stessa.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

In ogni caso, in corrispondenza del distanziatore la sezione libera di foro dovrà essere pari ad almeno due volte la sezione del condotto di iniezione.

I distanziatori dovranno essere realizzati in materiali non metallici di resistenza adeguata agli sforzi da sopportare ed essere disposti a intervalli non superiori a 5 metri nel tratto libero; nel tratto di fondazione dovranno essere intercalati da legature e disposti a interassi di 2,0 - 2,5 m in modo da dare al fascio di trefoli una conformazione a ventri e nodi. Per armature costituite da barre i distanziatori non dovranno essere alternati a legature.

I tamponi di separazione fra la parte libera e la fondazione dovranno essere impermeabili alla miscela e tali da resistere alle pressioni di iniezione previste.

I tamponi dovranno essere realizzati con elementi meccanici o con materiale iniettato di caratteristiche tali da preservare l'armatura dalla corrosione.

I condotti di iniezione dovranno essere collaudati per resistere ad almeno 1.5 volte la pressione prevista di iniezione e comunque avere una pressione di scoppio di almeno di 1 MPa.

Le dimensioni dei condotti dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- per miscele speciali diametro minimo 8 mm;
- per miscele cementizie senza aggregati diametro minimo 9 mm;
- per miscele cementizie con aggregati fini diametro minimo 16 mm.

Per le caratteristiche dei distanziatori si dovrà fare riferimento a quanto previsto al paragrafo6.6 della norma UNI EN 1537.

10.6.4.8 Resine e malte a base di resina

Le resine e le malte di resina possono essere impiegate per la costruzione di tiranti in sostituzione delle malte cementizie, se la loro applicabilità è stata accertata con un'appropriata prova di sistema, preliminarmente accettata da FERROVIE.

Si dovranno eseguire le prove di laboratorio ed in sito per verificare la composizione della miscela, l'efficacia della miscelazione, i tempi di presa e le prestazioni finali.

Di regola non sarà autorizzato l'impiego di resine per la solidarizzazione dei chiodi in acciaio alla roccia per la scarsa affidabilità che tale metodologia garantisce ai fini del corretto riempimento dell'intercapedine chiodo-parete del foro.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Nel caso in cui, comunque, tali materiali vengano utilizzati dovranno essere preferibilmente impiegate resine epossidiche a due componenti e resine poliesteri insature.

Oltre al corretto dosaggio dei componenti, i principali fattori che rendono problematico il controllo del comportamento delle miscele di iniezione a base di resine sono:

- la viscosità in fase fluida;
- i tempi di indurimento e loro dipendenza dalla temperatura;
- la compatibilità con la presenza di acqua.

Rapporti non corretti del dosaggio dei componenti danno luogo a perdite di resistenza (per le resine epossidiche) o a variazioni non accettabili dei tempi di polimerizzazione (per resine poliesteri).

La presenza di solventi o diluenti, o prodotti secondari delle reazioni non partecipi della struttura della macromolecola, è generalmente causa di ritiro e/o porosità.

Ciascun componente non dovrà essere solubile in acqua e l'eventuale assorbimento di acqua non dovrà comportare alterazioni nel processo di polimerizzazione.

Particolari accorgimenti da prevedere nel progetto dovranno essere adottati per l'impiego sotto battente d'acqua, per evitare porosità e discontinuità.

La scelta della resina dovrà essere fatta tenendo conto dei seguenti fattori da valutare con accurate prove di campo preliminari:

- viscosità: i valori misurati con il metodo ASTM D 2393 - 86 dovranno essere compresi fra 30 e 300 MPa* s a 20°C;
- tempo di gel: valore da definire a cura del produttore o a seguito di prove preliminari, in relazione alle caratteristiche dell'ambiente, e ai tempi di realizzazione; detto valore dovrà essere misurato secondo il metodo ASTM D 2471 - 99;
- assenza di solventi, diluenti, o altri componenti estranei alla polimerizzazione; la differenza tra la massa della miscela fluida iniziale e della stessa miscela indurita dovrà essere inferiore al 5% della massa iniziale; la polimerizzazione non dovrà dar luogo a fenomeni secondari dannosi come, per esempio, sviluppo di gas.

10.6.4.9 Vetroresine e materiali compositi

Le vetroresine e altri materiali compositi potranno essere utilizzati per la realizzazione di chiodi o tubi.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumeriato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Con il termine vetroresina si indica un materiale composito i cui componenti di base sono tessuti in fibre di vetro e/o fibre di vetro o aramidiche, legati fra loro da una matrice di resine termoindurenti opportunamente polimerizzate. Il materiale è fortemente anisotropo e quindi si dovrà tener conto, per il suo corretto impiego, della disposizione delle fibre di rinforzo. In alternativa alle fibre di vetro, possono essere impiegate fibre aramidiche o di carbonio.

Di norma i chiodi in vetroresina possono essere a sezione piena o cava e avere un profilo circolare o rettangolare. I profili rettangolari possono essere combinati tra loro in elemento strutturale a 1, 2 o 3 piatti.

I chiodi devono essere del tipo ad aderenza migliorata ottenuta mediante trattamento di filettatura continua o apporto di materiale.

I profili a sezione cava, o tubi, devono avere un diametro massimo di 60mm e uno spessore minimo non inferiore a 5mm. I tubi devono essere del tipo ad aderenza migliorata ottenuta mediante apporto di materiale o fresatura lungo il tubo.

Le barre dovranno essere del tipo ad aderenza migliorata, ottenuta mediante trattamento di filettatura continua o apporto di materiale.

I tubi in vetroresina dovranno essere non giuntati per lunghezze fino a 12m mentre, per lunghezze maggiori, la giunzione dovrà essere ottenuta mediante manicotti di resistenza non inferiore a quella del tubo. Non saranno accettate giunzioni incollate.

I chiodi devono essere il più possibile continui in tutta la loro lunghezza e compatibilmente con le esigenze di cantiere eventuali giunzioni tramite manicotti filettati o incollati, non garantendo la stessa resistenza a trazione della barra, devono essere ridotte al minimo e approvate dalla Direzione Lavori.

Gli elementi strutturali composti da 1 a 3 barre a sezione rettangolare in fibra di vetro e tubo valvolato in PVC devono essere preferiti nel caso in cui sia prevista l'iniezione ripetuta e selettiva per mezzo di packer.

In particolari situazioni per l'iniezione dei chiodi può essere previsto un tubetto di iniezione e di sfiato abbinato ai chiodi in vetroresina.

L'impiego di profilati con sezioni di geometria particolare (a doppio T, a U, prismatica) e di profilati piatti compositi potrà essere consentito se previsto dal progetto.

I materiali utilizzati dovranno essere certificati dal produttore. Le caratteristiche minime richieste sono riportate nel progetto ma comunque dovranno essere comprese entro i limiti fissati dalla tabella seguente.

Tabella 10.6.2

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

CARATTERISTICHE	UNITA'DI MISURA	MATRICE RESINA EPOSSIDICA	NORMEDI RIFERIMENTO
Massa volumica	t/m^3	18.5 19,5	ASTM D-792
Contenuto di vetro in percent. della massa	%	60 ÷75	--
Resistenza a trazione	N/mm^2	> 800	ASTM D-3916
Resistenza al taglio	N/mm^2	> 120	ASTM D-732
Resistenza a compressione	N/mm^2	> 450	ASTM D-695
Modulo di elasticità	N/mm^2	35000 ÷ 42000	ASTM D-3916
		38000 ÷ 45000	ASTM D-3916

10.6.5 MODALITA' ESECUTIVE

10.6.5.1 Tiranti di ancoraggio

10.6.5.1.1 *Campo prove preliminari*

Le nuove norme tecnicheper le costruzioni (NTC 2008) dispongono al par.6.6.4. che, prima di dare inizio ai lavori, la metodologia esecutiva dei tiranti dovrà essere definita mediante l'esecuzione di un adeguato numero di tiranti preliminari di prova.

Si intendono per "tiranti preliminari di prova", quei tiranti realizzati nello stesso sito e con lo stesso sistema di perforazione di quelli definitivi, da sottoporre a prove più severe di quelle di collaudo, e pertanto non utilizzabili per l'impiego successivo.

Il numero dei tiranti preliminari di prova potrà essere pari ad 1 solo se il numero complessivo di ancoraggi previsti da progetto è inferiore a 30, altrimenti dovrà essere maggiore di 2 secondo le indicazioni seguenti:

- num. minimo di prove= 2 se il numero di ancoraggi è compreso tra 31 e 50
- num. minimo di prove= 3 se il numero di ancoraggi è compreso tra 51 e 100

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- num. minimo di prove= 7 se il numero di ancoraggi è compreso tra 101 e 200
- num. minimo di prove= 8 se il numero di ancoraggi è compreso tra 201 e 500
- num. minimo di prove= 10 se il numero di ancoraggi è superiore a 500.

In base a eventuali eterogeneità del sottosuolo le FERROVIE potranno richiedere ulteriori prove.

I tiranti preliminari di prova dovranno essere eseguiti in aree limitrofe a quelle interessate dai tiranti di progetto e comunque rappresentative dal punto di vista geotecnico, strutturale e geomeccanico.

Le modalità di applicazione e l'entità del carico massimo e di prova e così pure la successione dei cicli di carico e scarico, a meno di prescrizioni più restrittive specificate dal progettista, dovranno essere previste in accordo a quanto riportato al capitolo 9 della norma UNI EN 1537. Lo stesso capitolo 9 definisce, oltre alle prove di indagine preliminare, anche le "prove di idoneità" e le "prove di accettazione", come riportato più in dettaglio nel successivo paragrafo 10.6.5.1.9

Nel caso l'ESECUTORE proponga di variare nel corso dei lavori la metodologia esecutiva sperimentata e approvata inizialmente, si dovrà procedere a nuove prove sperimentali in numero pari allo 0,5% del numero totale dei tiranti ancora da eseguire con un minimo di un tirante prova.

10.6.5.1.2 *Perforazione*

La perforazione (rif.paragrafo 8 norma UNI EN 1537) dovrà essere condotta in modo tale da comportare il minimo disturbo del terreno e da evitare danni alle opere circostanti.

Il metodo di perforazione dovrà essere scelto con riferimento alle condizioni del terreno, in modo da non alterare la migliore capacità di ancoraggio, permettendo di mobilitare la resistenza (Rd) del tirante di progetto.

Le ragioni della necessità di una minima modifica nel terreno sono:

- prevenire il collasso delle pareti del foro durante la perforazione e la posa in opera dell'armatura (dove necessario dovrebbe essere usato un rivestimento);
- limitare al minimo la decompressione della massa circostante in terreni incoerenti;
- limitare al minimo le variazioni nei livelli di falda;
- limitare al minimo il disturbo sulle pareti del foro in terreni coesivi e rocce degradabili.

Le modificazioni sul terreno devono risultare contenute in misura tale da ridurre gli effetti negativi, per esempio fessurazione, preconsolidamento e post-consolidamento, associati a ogni manovra.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La perforazione dovrà essere eseguita mediante sonda a rotazione o rotopercussione, con rivestimento continuo e circolazione inversa di fluidi.

Per la circolazione del fluido di perforazione dovranno essere utilizzate pompe a pistoni con portate e pressioni adeguate alla tecnologia prescelta. Di norma sono richiesti valori minimi di 200 l/min e 2.5 MPa rispettivamente.

Nel caso di perforazione a roto-percussione con martello a fondo foro si utilizzeranno compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:

- portata non inferiore a 10 m^3/min;
- pressione non inferiore a 0.8 MPa.

Il fluido di perforazione potrà essere acqua, aria, una miscela di entrambe oppure, unicamente per perforazioni in terreni sciolti non coesivi, un fango di cemento e bentonite.

Il fluido di perforazione e gli eventuali additivi non devono agire negativamente su armatura, protezione e malta d'iniezione o sulla stabilità del foro, specialmente in corrispondenza della lunghezza vincolata.

Il rapporto fra l'area di entrata del fluido di perforazione e l'area di rifluimento, la granulometria e la massa volumica dei detriti di perforazione rispetto alla massa volumica del fluido in entrata sono dati critici per l'efficienza del sistema di perforazione. L'uso di spurgo ad aria compressa con detriti coesivi bagnati può causare incagli e inutili disturbi nel terreno adiacente. Argille, marne e rocce marnose possono rigonfiare e rilassarsi se esposte a un flusso d'acqua per periodi inutilmente lunghi.

Particolare attenzione dovàessere dedicata perforando un terreno sotto acqua in contropressione artesiana.

Le sabbie possono diventare sciolte e perdere di stabilità in caso di gradienti idraulici sfavorevoli nel terreno intorno al foro. L'impiego di aria è vietato in terreni incoerenti sotto il livello della falda.

Tecnologie adatte a controbilanciare la pressione d'acqua e prevenire ogni eruzione, collasso del foro ed erosione durante le operazioni di perforazione, posa in opera dell'armatura e iniezione devono essere selezionate in anticipo e attuate come e quando richiesto. Nei casi di elevati livelli di falda può essere utile l'impiego di fluidi di perforazione pesanti.

Fra i possibili provvedimenti si includono:

- l'uso di attrezzi speciali ausiliari come premistoppa oppure otturatori;
- l'abbassamento di falda, dopo aver valutato il rischio di un generale assestamento del terreno;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- l'iniezione preventiva del terreno.

Le operazioni di perforazione dovranno essere svolte in modo che ogni variazione importante nelle caratteristiche del terreno, rispetto a quelle assunte per il calcolo del tirante, possa essere subito riscontrata.

Si dovràcompilare un profilo indicativo del foro, usando dati semplici diidentificazione pratica (per esempio classe di terreno, colore del fluido di ritorno o perdita di circolazione) che possono essere rilevati facilmente dall'operatore.

Ogni maggiore discordanza rispetto al profilo indicativo deve essere segnalato immediatamente alla Direzione Lavori.

Al termine della perforazione si dovrà procedere al lavaggio del foro con acqua e aria; nel caso di terreni con prevalente componente argillosa o di rocce marnose tenere, la pulizia finale dovrà essere eseguita solamente con aria. Qualora previsto dal progetto e compatibilmente con la natura dei terreni si potranno ottenere delle scampanature di diametro predeterminato, regolarmente intervallate lungo la fondazione del tirante, mediante l'impiego di appositi utensili alesatori.

In base alle indicazioni emerse nel corso della esecuzione dei tiranti preliminari di prova, e comunque in presenza di falde artesiane e di terreni particolarmente permeabili, l'ESECUTORE dovrà provvedere a sua cura e spese, a eseguire preventive iniezioni di intasamento dell'intorno del foro con miscele e relative modalità operative approvate dalle FERROVIE oppure ad adottare miscele di iniezione con additivi antidilavanti preventivamente autorizzati dalle FERROVIE.

10.6.5.1.3 *Tolleranze*

Le tolleranze ammesse nella realizzazione dei fori dovranno essere le seguenti:

- il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di progetto e non superiore al 10% di tale diametro;
- la lunghezza totale di perforazione dovrà risultare conforme al progetto salvo diversa indicazione delle FERROVIE;
- la deviazione dell'asse del foro dovrà essere non superiore all'1%
- la posizione della testa foro non dovrà discostarsi più di 10 cm dalla posizione di progetto.

Tali valori sono riportati nella tabella riassuntiva delle tolleranze nel paragrafo10.11.

In nessun caso il diametro effettivo di perforazione potrà essere inferiore a quello nominale di progetto.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Solo in caso di condizioni di cantiere impreviste, si possono apportare modifiche al progetto o adottare modalità esecutive alternative.

Durante l'esecuzione, il diametro del foro può essere aumentato per la necessità di usare una tubazione di rivestimento. Il rispetto delle tolleranze di posizione è importante per evitare modifiche al progetto della struttura ancorata. In generale si evitano i fori orizzontali a causa dei problemi derivanti da un completo intasamento con la malta diiniezione.

Il diametro del foro deve permettere la specificata copertura della miscela attorno all'armatura per a lunghezza vincolata.

Nel caso in cui non risulti possibile rimuovere i detriti da fondo del foro, potrà essere autorizzata una perforazione con una profondità maggiore rispetto a quella di progetto.

A meno di diverse indicazioni, la scelta e la postazione dell'attrezzatura di perforazione dovranno soddisfare le seguenti condizioni.

La deviazione dovrà essere controllata dopo un avanzamento di 2 m di foro.

Si raccomanda che, durante la perforazione, la tolleranza della deviazione complessiva sia contenuta entro 1/30 della lunghezza del tirante. Particolari condizioni del terreno possono portare alla necessità di ampliare questa tolleranza.

Il rispetto della tolleranza angolare è importante a ragione della mutua influenza fra i tratti vincolati dei tiranti. I tiranti molto lunghi possono richiedere tolleranze angolari minori, dovendo evitare interferenze fra i tratti vincolati dei tiranti.

Al fine di ridurre la deviazione, causata da ostruzioni o da giaciture inclinate degli strati, potranno essere impiegate aste di perforazione rigide di grande diametro e relativi rivestimenti.

10.6.5.1.4 *Allestimento del tirante*

Nel caso di impiego di armature a trefoli, gli elementi costitutivi dell'ancoraggio dovranno essere preferibilmente confezionati in stabilimento e pervenire in cantiere già arrotolati e inguainati, salvo, eventualmente, il dispositivo di bloccaggio che potrà essere montato in cantiere.

Ove, per particolari motivi, fosse necessario effettuare l'assemblaggio degli elementi costitutivi degli ancoraggi in cantiere, dovrà essere predisposta dall'ESECUTORE, in prossimità del luogo di impiego, una adeguata attrezzatura per confezionare correttamente gli ancoraggi stessi.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

In tal caso i componenti, in particolare l'acciaio, dovranno essere immagazzinati al coperto in modo da non subire danneggiamenti durante la giacenza.

Dovrà essere inoltre accuratamente evitato il contatto con il terreno o altri materiali che possano danneggiare l'ancoraggio la cui preparazione dovrà pertanto essere realizzata sempre su apposito banco e non a terra.

La preparazione degli ancoraggi dovrà essere affidata a personale qualificato e consisterà nelle seguenti fasi essenziali:

- taglio dei trefoli a misura;
- interposizione dei distanziatori fra i trefoli;
- montaggio dei condotti di iniezione;
- infilaggio delle guaine su tutta la lunghezza dell'ancoraggio;
- esecuzione del tampone di separazione tra la fondazione e la parte libera dell'ancoraggio;
- montaggio degli eventuali distanziatori necessari al centraggio dell'ancoraggio nel foro di alloggiamento;
- eventuale montaggio del dispositivo di bloccaggio nei casi in cui questa operazione sia prevista prima dell'infilaggio dell'ancoraggio nel foro;
- accurata sigillatura di tutte le giunzioni della guaina per evitare perdite di impermeabilità.

Nel caso in cui l'ancoraggio sia costituito da armature a barre, l'assemblaggio dovrà essere eseguito in opera, da personale qualificato, via via che le barre verranno infilate nel foro, avendo cura che il collegamento dei vari segmenti, mediante manicotti di giunzione, avvenga secondo le modalità previste dal costruttore e che, contemporaneamente, siano accuratamente eseguite le sigillature della eventuale guaina.

Si procederà quindi con le seguenti operazioni:

- introduzione del tirante;
- riempimento del foro con miscela cementizia (cementazione di 1ª fase);
- riempimento dei dispositivi di separazione e protezione interni (sacco otturatore, bulbo interno);
- esecuzione delle iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumeriato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- posizionamento della testata e dei dispositivi di tensionamento;
- prove di carico di collaudo;
- tensionamento del tirante;
- iniezione della parte libera;
- protezione della testata.

Si dovranno rispettare le seguenti prescrizioni:

- la perforazione dovrà essere interamente rivestita nel caso di terreni sciolti o rocce fratturate;
- il tirante dovrà essere dotato della valvola di fondo esterna all'ogiva;
- il riempimento dovrà avvenire contemporaneamente all'estrazione dei rivestimenti e dovranno essere operati gli eventuali rabbocchi finali;
- i trefoli e i condotti di iniezione dovranno essere opportunamente prolungati fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezioni e di tesatura.

10.6.5.1.5 *Iniezioni*

L'iniezione svolge una o più delle seguenti funzioni:

a) formare la parte vincolata del tirante in modo che il carico applicato possa trasferirsi dall'armatura al terreno circostante;

b) proteggere l'armatura contro la corrosione;

c) consolidare il terreno immediatamente adiacente alla lunghezza vincolata, in modo da migliorare la capacità di ancoraggio del terreno;

d) impermeabilizzare il terreno adiacente alla lunghezza vincolata, in modo da limitare le perdite di miscela d'iniezione.

Se il volume di malta, iniettato con una pressione non superiore alla pressione totale del terreno soprastante, supera tre volte il volume del foro, viene indicato il generale riempimento della cavità che va al di là delle condizioni correnti di esecuzione dei tiranti. In tali casi può essere necessario un riempimento della cavità prima di iniettare i tiranti, si tratta di un generale intasamento di cavità che esula dalla normale costruzione del tirante. Le funzioni c) e d) suindicate dovrebbero richiedere soltanto assorbimenti nominali di miscela.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Per realizzare la lunghezza vincolata di un tirante senza perdite incontrollate di malta si possono considerare le seguenti operazioni:

- collaudo del foro;
- preiniezione,
- iniezione del tirante.

Relativamente al collaudo del foro e alle preiniezioni si rimanda alle prescrizioni della UNI EN-1537, dal paragrafo 8.3.2 al paragrafo 8.3.5. Per le iniezioni del tiranti si rimanda alle prescrizioni della UNI EN-1537, paragrafo 8.3.6.

- Iniezione del tirante: Iniezione semplice

L'iniezione dovrà essere eseguita riempiendo con la miscela cementizia di cui al paragrafo10.6.4.3.1 sia l'intercapedine tra la guaina e il foro sia tutto lo spazio fra la guaina corrugata e l'armatura lungo la fondazione del tirante; tale spazio dovrà essere collegato alla bocca del foro da un tubetto di sfiato che consenta la fuoriuscita di tutta l'aria contenuta e si dovrà proseguire l'iniezione fino alla fuoriuscita della miscela dal tubetto di sfiato.

L'iniezione semplice dovrà essere adottata:

- in terreni di granulometria grossolana, costituiti da ghiaia, ciottoli, a elevata porosità nei quali una porzione rilevante della malta iniettata vada a compenetrare il terreno intorno al foro;
- in rocce lapidee e in terreni coesivi mediamente compatti, congiuntamente alla tecnica di perforazione con utensili allargatori.

Il riempimento della guaina nella parte libera dovrà essere assicurato immettendo la miscela nel punto più profondo tramite gli appositi condotti e osservando che essa risalga fino a boccaforo e vi permanga finché non intervenga la presa; si dovrà quindi provvedere a rabbocchi per ottenere il completo intasamento e la protezione dei trefoli.

- Iniezione del tirante: Iniezione ripetuta in pressione

Dovrà essere adottata in terreni di qualunque natura caratterizzati da un modulo di deformazione a breve termine sensibilmente inferiore a 500 MPa.

L'iniezione di quantità controllate della miscela cementizia in più fasi successive, fino a ottenere pressioni di iniezione residue non minori di 0,5 MPa, dovrà avere lo scopo di ottenere una serie di

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

sbulbature lungo la fondazione del tirante e di instaurare nel terreno circostante un campo tensionale di compressione, favorevole alla mobilitazione di elevate resistenze al taglio per attrito.

L'iniezione in pressione dovrà avvenire tramite un tubo a perdere dotato di valvole di non ritorno a manchette, regolarmente intervallate a interasse non maggiore di 50 cm lungo il tratto di fondazione del tirante.

Il tubo potrà essere:

- in acciaio, esterno all'armatura, posato in opera preventivamente alla posa dell'armatura;
- coassiale all'armatura, interno alla guaina grecata di protezione, ma dotato di valvole che sboccano all'esterno di essa per la formazione delle sbulbature nel terreno; altre valvole, interne alla guaina, dovranno avere la funzione di assicurare il riempimento dell'intercapedine guaina-armatura.

Prima dell'inizio dell'iniezione dovranno essere verificate e registrate le perdite di carico del sistema di iniezione.

L'iniezione dovrà essere eseguita rispettando le seguenti fasi:

1ªfase -riempimento dell'intercapedine fra la parete del foro e il tirante, ottenuto alimentando la miscela dalla valvola più profonda in modo da ottenere la risalita fino alla bocca del foro; al termine si effettuerà un lavaggio con acqua all'interno del tubo a valvole;

2ªfase -avvenuta la presa della malta precedentemente posta in opera, si inietteranno valvola per valvola volumi di miscela non eccedenti le quantità riportate nella tabella seguente:

Tabella 10.6.3

Diametro foro (mm)	90 ÷ 120	121 ÷ 170	171 ÷ 220
Volume max (litri/valvola)	45	65	90

Tali iniezioni dovranno essere eseguite senza superare, al netto delle perdite di carico, la pressione corrispondente alla fratturazione idraulica del terreno (claquage). Al termine si effettuerà un lavaggio con acqua all'interno del tubo.

Avvenuta la presa della malta precedentemente iniettata, si dovrà ripetere l'iniezione in pressione, osservando gli stessi limiti di volume, limitatamente alle valvole per le quali, nella fase 2 qualora:

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- il volume non abbia raggiunto i limiti sopra indicati a causa dell'incipiente fratturazione idraulica del terreno;

- le pressioni residue di iniezione misurate a bocca foro al raggiungimento del limite volumetrico non abbiano superato il valore di 0,5 MPa.

L'iniezione potrà essere ripetuta ulteriormente, sempre senza superare i limiti di volume anzidetti e dopo la presa delle iniezioni delle fasi precedenti, qualora ciò risultasse necessario per il raggiungimento della resistenza di progetto del tirante.

Al termine delle operazioni di connessione al terreno del tirante si dovrà procedere alla posa in opera del dispositivo di bloccaggio il quale dovrà essere in perfette condizioni e privo di ruggine e d'incrostazioni di qualsiasi natura.

10.6.5.1.6 *Caratteristiche degli iniettori*

Per eseguire l'iniezione dovranno essere utilizzate delle pompe oleodinamiche a pistoni, a bassa velocità, aventi le seguenti caratteristiche minime:

- pressione max di iniezione: non inferiore a 10 MPa;
- il sistema di iniezione dovrà essere dotato di un dispositivo per la registrazione ed il controllo in automatico ed in continuo dei parametri di iniezione pressione volume e portata, in funzione del tempo;
- portata max: non inferiore a 2 m^3/ora;
- n° maxpistonate/minuto non inferiore a 60.

Le caratteristiche delle attrezzature utilizzate dovranno essere comunicate alle FERROVIE specificando in particolare alesaggio e corsa dei pistoni.

10.6.5.1.7 *Protezione contro la corrosione*

Si dovrà fare riferimento a quanto previsto al paragrafo6.9 della norma UNI EN 1537.

10.6.5.1.8 *Tesatura*

Si dovrà fare riferimento a quanto previsto al paragrafo 8.4 della norma UNI EN 1537 ("messa in tensione").

10.6.5.1.9 *Prove*

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La UNI EN 1997-1 distingue due classi di prove:

- prove di valutazione
- prove di accettazione.

Nel presente Capitolato si distinguono tre classi di prove di carico in sito:

- prova d'indagine preliminare;
- prova di idoneità;
- prova di accettazione.

Le *prove di indagine preliminare*, da effettuarsi prima dell'installazione dei tiranti operativi, stabiliscono:

a) la resistenza esterna Ra del tirante sull'interfaccia malta/terreno;

b) la trazione critica di snervamento del sistema di ancoraggio oppure,

c) le caratteristiche di snervamento del sistema per carichi diversi fino a rottura oppure,

d) le caratteristiche di perdita di tiro del sistema al tiro limite di bloccaggio P_0;

e) una lunghezza libera apparente L_{app} dell'armatura.

Vanno eseguite secondo il numero minimo riportato al paragrafo 10.6.1.1.

Le *prove di idoneità, da effettuarsi* per particolari situazioni di progetto confermano:

a) la capacità di sostenere un tiro di prova P_p;

b) le caratteristiche di snervamento e di perdita di carico del sistema fino al tiro di prova;

c) una lunghezza libera apparente L_{app} dell'armatura.

Le prove d'indagine preliminare e le prove d'idoneità rientrano nella categoria generale delle prove di accertamento previste dalla UNI EN 1997-1.

Le *prove di accettazione* confermano per ogni tirante:

a) la capacità del tirante di sostenere il tiro di prova;

b) le caratteristiche di snervamento e di perdita di carico allo stato limite di servizio,quando necessario;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

c) la lunghezza libera apparente L_{app} dell'armatura.

I metodi prescritti per ogni classe di prova devono essere applicati ai tiranti temporanei e ai tiranti permanenti.

Per ogni progetto, allorché le guaine sono iniettate entro il foro, si deve accertare il completo intasamento della guaina con una malta di qualità conforme a quanto riportato nel paragrafo10.6.4.3, con operazioni simulate sotto condizioni geometriche similari; e ciò prima di procedere all'iniezione dei tiranti operativi. La prova è eseguita all'inizio dei lavori.

Per il dettaglio relativo alle prescrizioni sui metodi di prova da applicare alle classi di prova suddette si rimanda al capitolo 9 della UNI EN-1537 e relativa appendice E esplicativa.

- Accuratezza di misura

Per ogni prova con misura dello snervamento, durante i periodi mantenuti a trazione costante, la accuratezza delle misure di allungamento deve essere fino a 0,05 mm.

Quando non si deve misurare lo snervamento, la precisione di misura richiesta per gli allungamenti è di 0,5 mm. La strumentazione di misura degli allungamenti deve consentire una precisionedi 0,01 mm quando si deve rilevare lo snervamento. La misurazione dei carichi nei tiranti deve essere eseguita con dinamometri idraulici, elettrici o meccanici aventi un grado di accuratezza migliore del 2% sul massimo carico applicato durante ciascuna prova. I dinamometri usati per prove di perdita di carico devono avere una risoluzione allo 0,5% del carico di prova.

- Tiro di riferimento

Il tiro di riferimento Pa, dal quale si iniziano le misurazioni, è generalmente scelto al 10% circa del carico di prova.

Carichi di riferimento maggiori sono ammessi per prove a carichi ciclici nelle quali si sviluppano allungamenti oltremodo elevati.

10.6.5.1.10 *Supervisione e Monitoraggio*

La messa in opera e le prove su tutti i tiranti devono essere svolte con supervisione e con documentazione fatta sul cantiere (vedi successivo paragrafo 10.6.5.1.11).

Se durante l'ispezione si rilevano incertezze circa la qualità dei tiranti installati, devono essere eseguiti accertamenti supplementari per determinare le condizioni effettive dei tiranti.

I tiranti devono essere integrati con una strumentazione di monitoraggio, qualora il progetto preveda il controllo dell'opera di sostegno in corso d'opera e/o anche in fase di esercizio e qualora l'intervento in

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

oggetto condizioni la sicurezza e la funzionalità dell'opera in progetto o di opere circostanti così come indicato al paragrafo 6.9.2. delle NTC2008. Si deve rispettare quanto prescritto nel progetto sul numero di tiranti da sorvegliare e la cadenza di misurazione.

In certi casi può essere necessaria una periodica rimessa in tiro dei tiranti per mantenere la forza residua di ancoraggio sopra il livello minimo richiesto.

La protezione anticorrosione delle parti accessibili della testa di ancoraggio deve essere periodicamente ispezionata e se necessario rinnovata.

10.6.5.1.11 *Registrazioni e controllo della documentazione.*

Un programma d'installazione di tiranti deve essere predisposto e reso disponibile sul cantiere con tutte le specifiche tecniche relative al sistema di tiranti da utilizzare.

Un piano d'installazione di tiranti contiene le seguenti informazioni:

- tipo di tirante e sua designazione;
- numero di tiranti;
- ubicazione e direzione di ogni tirante con relative tolleranze di postazione
- lunghezza libera e lunghezza vincolata;
- capacità di tiro richiesta e tiro di bloccaggio;
- tecnologie d'installazione (perforazione, posa, iniezione e messa in tiro);
- ostruzioni riscontrate;
- ogni altro eventuale ostacolo per i lavori di ancoraggio.

Le registrazioni per la costruzione di tiranti devono essere compilate secondo la UNI EN 1997-1-1 per successivi riferimenti. Essi devono comprendere:

- la sequenza delle forniture di tutti i materiali cementizi, resine e indurenti, malte a base di cemento e di resine;
- ricerche geotecniche;
- tecnologia di perforazione;

- messa in opera e conformazione dei componenti;
- data e tempi d'installazione di ciascun tirante;
- per tiranti iniettati: materiale, pressione, volume iniettato, lunghezza iniettata, tempo d'iniezione;
- montaggio della protezione scelta come anticorrosione;
- iniezione;
- messa in tiro;
- prove sui tiranti.

Un registro firmato deve essere conservato per ogni tirante installato. Tale registro deve includere tutte le particolarità di costruzione. Tutti i registri relativi alla posa e alle prove devono essere conservati dopo l'ultimazione dei lavori. Dopo il completamento dei tiranti si devono compilare i corrispondenti disegni consuntivi, da archiviare insieme ai registri di esecuzione. Tutti i certificati di accettazione emessi dalle autorità preposte, per tutti i materiali utilizzati nella posa dei tiranti, devono essere allegati ai registri di costruzione.

Nel seguito è riportato un esempio della scheda con l'identificazione e le indicazioni minime che per ciascun tirante eseguito (sia preliminarmente che in fase di progetto), dovrà essere compilata dall'ESECUTORE, in contraddittorio con le FERROVIE.

Un esempio è riportato anche nell'appendice F della UNI EN-1537.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Scheda Controllo Esecuzione Tiranti

Opera: _____ TIRANTI N°

Ubicazione (vedi disegno)									
Inclinazione									
Lunghezza totale (L) m									
Lunghezza ancoraggio (lf) m									

PERFORAZIONE									
Data									
Procedura perforazione									
Ora di inizio									
Ora termine									
Tipo di terreno									
Tubo rivestim. Diam. (DR) mm									
Tratto rivestito m									
Lunghezza perforazione m									
Diametro perforaz.									

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

(DF) mm									

INIEZIONE FONDAZIONE									
Data									
Cemento tipo kg									
Additivo kg									
Rapporto a/c									
Pressione finale Mpa									
INIEZ. PARTE LIBERA									
Data									
Cemento tipo/kg									
Additivo tipo/kg									
Rapporto a/c									
Pressione finale Mpa									

Rapporto Tesatura

Forza Nes kN									
Sezione Armatura (A) mm^2									

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Modulo El. Acc. (Ea) kN/mm^2									
TESATURA									
Data									
Procedura									
Tensioni N1/Allung. S1									

10.6.5.2 Bulloni di ancoraggio

10.6.5.2.1 *Generalità*

E' un tipo particolare di ancoraggio non connesso strutturalmente nel tratto libero, caratterizzato da un elemento resistente a trazione e da:

- armatura costituita da barre di acciaio a norma;
- lunghezza limitata (non superiore a 12 m);
- generale assenza di guaina, salvo che in funzione di protezione anticorrosiva;
- testa di ancoraggio;
- possibilità di messa in tensione in genere senza controllo degli allungamenti;
- prevalente impiego in roccia.

10.6.5.2.2 *Perforazione*

Valgono le prescrizioni di cui al precedente paragrafo 10.6.5.1.2.Di norma è previsto l'uso del rivestimento del foro. Nel caso di perforazioni in roccia compatta potrà essere omesso l'impiego dei rivestimenti.

10.6.5.2.3 *Allestimento dell'ancoraggio*

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Completata la perforazione e rimossi i relativi detriti mediante adeguato prolungamento della circolazione dei fluidi, si dovrà provvedere a realizzare l'ancoraggio, procedendo, a eccezione dei bulloni frizionali, con le seguenti operazioni:

- introduzione dell'armatura;
- esecuzione dell'iniezione primaria e contemporanea estrazione del rivestimento;
- esecuzione delle iniezioni selettive se e ove prevista;
- posizionamento della testata e dei dispositivi di tensionamento;
- eventuali prove di carico di collaudo;
- tensionamento della barra.

Nel caso di bulloni ad ancoraggio continuo in calotta, quando l'inclinazione sull'orizzontale sia superiore a 35°, si dovrà procedere preliminarmente al loro bloccaggio entro il foro mediante espansione di un ancoraggio meccanico posizionato all'estremità del bullone a fondo foro.

Nel caso di bulloni con ancoraggio meccanico la connessione alla roccia si otterrà direttamente in fase di tensionamento.

10.6.5.2.4 *Iniezione*

Iniezione di miscele cementizie

Si applicano le prescrizioni del precedente paragrafo10.6.4.3 sia per le iniezioni di 1ª fase, a gravità o a bassa pressione, sia per le iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati, quando previste da progetto.

Iniezioni di resine

Se non diversamente indicato nelle prescrizioni di progetto si potrà prevedere l'uso di iniezioni di resine secondo quanto previsto nel paragrafo10.6.4.8. Qualora si eseguano iniezioni con resine sintetiche si dovranno adottare modalità di posa conformi alle raccomandazioni fornite dal produttore. Per barre di diametro inferiore a 24 mm e esclusivamente per lunghezze inferiori a 3.0 m, si potrà adottare, a seguito di autorizzazione delle FERROVIE, il sistema a "cartuccia". Sarà ammesso esclusivamente l'impiego di cartucce di resina a due componenti e formula tixotropica confezionate con l'involucro di materiale plastico sottile.

La lunghezza massima di ciascuna cartuccia non dovrà superare i 70 cm e il volume totale della resina inserita nel foro dovrà essere pari a quella dell'anulus (intercapedine tra parete del foro e barra).

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Il trasporto e lo stoccaggio delle cartucce di resina dovrà avvenire in conformità alle prescrizioni del fornitore che dovranno essere preventivamente inviate alle FERROVIE. Per barre di diametro maggiore e per lunghezze superiori a 3.0 m, si dovranno adottare di norma resine fluide, che dovranno essere iniettate tramite un condotto di mandata con ugello di fuoriuscita posto in prossimità del fondo del foro. La testata dovrà essere dotata di un tubicino di sfiato, di norma in rame, che dovrà essere occluso per piegatura a iniezione completata.

10.6.5.2.5 *Procedure di tensionamento e collaudo*

La procedura di tensionamento dovrà far riferimento ai seguenti carichi:

N_o = 0,1 N_{es} = forza di allineamento;

N_{es} = forza di esercizio;

N_c = 1,2 N_{es} = forza di collaudo;

Nt = forza di tesatura.

I carichi dovranno essere applicati nelle seguenti fasi:

1) Applicazionedel carico di allineamento N_o; la corrispondente deformazione farà da riferimento per la misura dei successivi allungamenti;

2) il campo N_c- N_o viene diviso in almeno 6 gradini ΔN, a ogni gradino si misureranno le corrispondenti deformazioni a carico costante mantenuto per un tempo:

   - ΔT superiore a 5 minuti per ancoraggi in roccia o in terreni incoerenti;

   - ΔT superiore a 15 minuti per ancoraggi in terreni coesivi.

3) Raggiunto il carico N_c il tirante viene scaricato sino al valore N_o, misurando il relativo allungamento residuo;

4) Vengono inseriti i dispositivi per il bloccaggio e si provvede ad applicare il carico N_t.

Qualora non sia prevista l'esecuzione della prova di collaudo, il carico di tensionamento dovrà essere applicato durante la fase 2), avendo suddiviso il campo Nt-No in almeno 3 gradini ΔN.

Per gli aspetti inerenti il tensionamento, ci si riferirà al paragrafo 4.14 delle raccomandazioni AGI-AICAP (Edizione 2012), per i collaudi e l'accettazione ci si rifarà al capitolo 8 delle medesime.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Per ciascun ancoraggio collaudato e/o messo in tensione, l'ESECUTORE dovrà fornire alle FERROVIE la relativa documentazione, completa di tabelle e grafici.

10.6.5.2.6 *Prove di rottura sui bulloni*

Per bulloni con ancoraggio a espansione meccanica, la prova dovrà essere eseguita tesando il bullone con velocità costante, pari a quella prevista per la tesatura dei bulloni da realizzare, e rilevando la forza corrispondente alla rottura della fondazione.

Nel caso che tale rottura non si verifichi, si dovrà spingere la prova fino a raggiungere lo snervamento dell'armatura (limite allo 0,2%).

Quale forza ultima del bullone si assumerà il valore della forza corrispondente alla rottura della fondazione o, nel caso tale rottura non si verifichi, il valore della forza corrispondente allo 0,2% del limite di snervamento dell'acciaio della barra impiegata.

Nel caso di bulloni con ancoraggio per cementazione, le prove dovranno essere eseguite su bulloni con lunghezza di fondazione pari a 0,85 volte la lunghezza prevista nel primo dimensionamento.

La prova si effettuerà con le stesse modalità previste nel caso precedente. Quale forza limite ultima del bullone si assumerà il valore della forza corrispondente alla rottura della fondazione diviso 0,85 o, nel caso tale rottura non si determini, il valore della forza corrispondente allo 0,2% del limite di snervamento dell'acciaio della barra impiegata.

10.6.5.2.7 *Controlli e documentazione*

L'ESECUTORE dovrà fornire una scheda contenente, per ogni ancoraggio eseguito, i seguenti dati:

- modalità di perforazione e problemi incontrati;
- tipo e caratteristiche dell'armatura;
- tipo e modalità dell'iniezione;
- valori di tensionamento.

10.6.5.3 Chiodi

10.6.5.3.1 *Generalità*

Sono ancoraggi costituiti da barre integralmente connesse al terreno ed operanti in un dominio di trazione e taglio; (possono mancare i dispositivi di bloccaggio esterni al foro). Si tratta in genere di elementi di acciaio o altri idonei materiali (ad esempio vetroresina, fibre di carbonio o similari). Gli

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumeriato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

eventuali sistemi di bloccaggio esterni al foro possono essere realizzati con piastre e dadi filettati o con sistemi a cunei.

La posa in opera dei chiodi dovrà essere eseguita attraverso le seguenti operazioni:

- perforazione; da condurre in accordo con le prescrizioni di cui alle precedenti tipologie di ancoraggio; è ammesso l'impiego di attrezzature leggere, in relazione alla natura della roccia e alla geometria del foro;
- introduzione dell'armatura;
- iniezione fino al completo riempimento dell'intercapedine.

Le informazioni relative alla esecuzione dei chiodi dovranno essere riportate, a cura dell'ESECUTORE, su una scheda tecnica analoga a quanto previsto nel paragrafo10.6.5.2.7

10.6.5.3.2 *Prove di rottura*

Le prove di rottura su chiodi dovranno essere eseguite tesando il chiodo con velocità costante, tale da consentire di raggiungere la forza corrispondente allo snervamento dell'armatura (limite allo 0,2%) in un tempo minimo di 15'.

Ciascuna prova dovrà avere termine o quando si giunge alla rottura del tratto connesso o quando è raggiunta la forza corrispondente allo snervamento dell'armatura (limite allo 0,2%).

Nel caso di impiego di chiodi in vetroresina il carico massimo di prova dovrà corrispondere all'85% della resistenza a trazione certificata dal fornitore.

10.6.5.4 Ancoraggi e chiodi speciali

10.6.5.4.1 *Bulloni attivi ad ancoraggio meccanico*

Caratteristiche delle teste di ancoraggio

Le teste di ancoraggio dovranno essere dotate esclusivamente di dispositivo a espansione automatico in modo che, anche a distanza di tempo dalla posa e a seguito di deformazioni dell'ammasso roccioso, la testa possa continuare a espandere, mantenendo efficace l'ancoraggio.

Le parti dell'ancoraggio, destinate a trasmettere sforzi di attrito, dovranno essere costituite da materiale duttile in leghe resistenti all'azione aggressiva delle acque.

La conformazione dell'ancoraggio (contatto tra le parti interne e i corpi espandenti) dovrà garantire l'invariabilità della posizione durante le operazioni di posa e tensionamento.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Le teste di ancoraggio dovranno essere scelte in funzione del tipo di ammasso roccioso (lunghezza delle alette) e del diametro di perforazione (calibro).

La tolleranza sul diametro della testa di ancoraggio non dovrà essere superiore a 0.15 mm rispetto al diametro nominale.

La testa di ancoraggio dovrà avere una espansione massima superiore di almeno 6 mm al diametro di perforazione.

Caratteristiche delle barre

Le barre dovranno essere realizzate con acciai a elevata resistenza aventi le seguenti caratteristiche:

- Resistenza al limite di snervamento non inferiore a 420 N/mm^2;
- Resistenza a rottura non inferiore a 700 N/mm^2;
- Allungamento a rottura non inferiore al 15%;
- Resilienza a 20°C non inferiore a 30 Joules.

Piastra di ripartizione

La piastra di ripartizione dovrà avere una sede semisferica opportunamente sagomata, atta all'alloggiamento del dado di bloccaggio.

L'inclinazione delle perforazioni rispetto alla superficie di appoggio della piastra di ripartizione non dovrà discostarsi di un angolo superiore a 20° dalla perpendicolare.

Prove a rottura

Dovranno essere eseguiti controlli sistematici sull'1% dei bulloni posti in opera. La prova consisterà nel portare a snervamento gli ancoraggi per trazione con apposito martinetto che dovrà essere sempre disponibile in cantiere.

Di ogni singola prova l'ESECUTORE dovrà fornire i diagrammi sforzi/deformazioni.

Sulla testa di ciascun bullone dovranno essere inoltre punzonati i dati caratteristici per consentire l'identificazione del materiale e del luogo di produzione.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

10.6.5.4.2 *Ancoraggi frizionali a espansione idraulica o similari*

Si tratta di ancoraggi ad aderenza continua su tutta la lunghezza del foro in profilato tubolare d'acciaio speciale preresinato mediante immersione dopo opportuna pulizia e sgrassatura in una vernice gommosa mono-componente a base di bitume modificato (ciclizzato) e componenti attivi allo zinco avente le seguenti caratteristiche:

Acciaio:

Le caratteristiche dell'acciaio dovranno soddisfare i seguenti valori:

- Tipo S235JRH
- resistenza a trazione maggiore di 390 N/mm^2;
- allungamento a rottura maggiore del 37%.

Ancoraggio:

Le caratteristiche sono riportate nella tabella seguente.

Tabella 10.6.4

diametro minimo (mm) (prima dell'espansione)	28	36
diametro max (mm) (dopo l'espansione)	41	54
spessore (mm)	2	3
diametro della perforazione (mm)	32-39	42-52
carico di rottura (KN)	$\geq$100	$\geq$200
allungamento a rottura (%)	> 10%	> 10%

- Modalità esecutive

Prima dell'inserimento del bullone il foro dovrà essere accuratamente pulito rimuovendo i residui di perforazione.

L'installazione dovrà avvenire al massimo dopo 2 ore dall'ultimazione della perforazione.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

L'ancoraggio dovrà essere inserito nel foro completo della piastra di bloccaggio atta a trasferire il carico sul paramento ed espanso mediante iniezione di acqua avente pressione non inferiore a 30 MPa in modo da adattare il profilo alle irregolarità del foro e aumentare la resistenza al taglio della roccia per effetto della completa adesione e serraggio meccanico dei giunti rocciosi all'esterno del perimetro dell'ancoraggio medesimo.

Ultimata l'espansione l'interno del bullone dovrà essere accuratamente drenato.

- Prove di rottura

Dovranno essere effettuate in analogia a quanto previsto al paragrafo10.6.5.3.2

10.6.5.4.3 *Bulloni in acciaio di tipo autoperforante*

Sono bulloni costituiti da una barra filettata per rullatura in continuo, cava all'interno, alla cui estremità viene montato un attrezzo tagliente a perdere per la perforazione a distruzione di nucleo in terreni eterogenei o intensamente fratturati nei quali le operazioni di perforazione e inserimento del bullone risultino molto difficili per la assoluta mancanza di stabilità del foro.

Caratteristiche del bullone

- resistenza a trazione dell'acciaio non inferiore a 510 N/mm^2;
- dimensioni, carico minimo di rottura a trazione e diametro di perforazione indicativi (vedi tabellaseguente);

Tabella 10.6.5

Diametro bullone (est/int)	Resistenza a trazione (KN)	Dimensione testa di perforazione (mm)
25/14	200	42 ÷ 52
32/20	280	52 ÷ 75
32/15	360	52÷ 75
38/14	500	75 ÷ 120

- i singoli elementi, della lunghezza da 2 a6 m, dovranno essere giuntabili solo mediante idoneo manicotto autocentrante esterno o interno;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- la piastra di ripartizione, di dimensioni e spessore variabili in relazione al carico massimo da sopportare, dovrà avere una sede semisferica per l'alloggiamento del dado di bloccaggio;
- i singoli elementi potranno avere i fori per le iniezioni aperti o chiusi da apposite valvole per consentire di eseguire le iniezioni ripetute e a pressione controllata;
- sulla testa di ciascun bullone dovranno essere inoltre punzonati i dati caratteristici per consentire l'identificazione del materiale e del luogo di produzione.

Modalità esecutive

Per la posa in opera si dovrà utilizzare un martello perforatore ad aria compressa od idraulico montato su slitta.

A foro ultimato l'asta dovrà essere lasciata in sito e si procederà subito con l'iniezione di miscela cementizia e comunque non superiore a 1÷2 MPa in modo da riempire lo spazio anulare tra bullone e parete del foro e l'interno del bullone.

La pasta o malta cementizia, fornita anche in sacchi premiscelati, dovrà avere le caratteristiche indicate al precedente paragrafo10.6.4.3.

Lo studio preliminare della miscela e le modalità di iniezione dovranno essere approvate dalle FERROVIE prima dell'inizio dei lavori.

Successivamente le caratteristiche della miscela dovranno essere verificate almeno una volta alla settimana.

Controlli

Si dovranno adottare le stesse modalità previste nel precedente paragrafo10.6.5.2.7

10.6.5.4.4 *Bulloni costituiti da lamiere, barre o profilati infissi a pressione*

Le lamiere, barre o profilati di acciaio dovranno essere infisse a pressione senza perforazione preventiva mediante spinta con idonea attrezzatura.

L'attrezzatura dovrà applicare una spinta continua all'elemento e impedire lo svergolamento dello stesso e dovrà inoltre essere dotata di un sistema per la registrazione continua della spinta applicata per l'infissione.

10.6.5.4.5 *Preconsolidamenti al fronte in galleria*

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Il preconsolidamento del fronte viene eseguito mediante elementi strutturali o tubi in vetroresina, posti in opera preventivamente allo scavo sul fronte di scavo e sull'estradosso della sezione di avanzamento.Gli elementi saranno connessi al terreno mediante iniezione della cavità tra elemento e pareti del preforo.

Tracciamento e tolleranze costruttive

Prima di iniziare ciascun ciclo di perforazioni l'ESECUTORE dovrà individuare sul fronte di avanzamento le posizioni dei preconsolidamenti, da contrassegnare con marche od altro, in modo da renderle facilmente individuabili.

Il consolidamento andrà sempre eseguito in presenza di un tampone di spritz beton di almeno 20 cm a meno di diverse prescrizioni progettuali. Il tampone dovrà essere contrastato all'ultima centina del campo precedente.

Per le tolleranze di costruzione si rimanda al paragrafo10.11.

Materiali

- Per le caratteristiche dei tubi e degli elementi strutturali in vetroresina si rimanda al paragrafo10.6.4.9.
- Le miscele cementizie dovranno essere conformi a quanto riportato al paragrafo10.6.4.3 con rapporti acqua /cemento inferiori a 0.7.
- Le miscele cementizie espansive dovranno essere conformi a quanto riportato al paragrafo10.6.4.4

Modalità esecutive

La perforazione dovrà essere eseguita a secco impiegando utensili atti a ottenere il diametro previsto in progetto ed a consentire la regolarità delle successive operazioni di inserimento degli elementi strutturali e di iniezione.

Le attrezzature di perforazione dovranno essere conformi a quanto riportato nel paragrafo 10.10.2.4

L'ordine di esecuzione dei consolidamenti nell'ambito di ciascun ciclo dovrà assicurare la non interferenza delle perforazioni e delle iniezioni con perforazioni in corso o in attesa di iniezione.

In ogni caso la successione esecutiva degli infilaggi dovrà essere preventivamente autorizzata dalle FERROVIE.

Allestimento del preconsolidamento

- Elementi semplicemente cementati: valgono le considerazioni riportate al paragrafo10.10.2.4 per gli infilaggi. Nel caso di utilizzo di miscele cementizie espansive dovrà essere effettuata una profonda cianfrinatura per evitare il rifluimento della miscela e la perdita di efficacia dell'espansione (0.5-1 m e comunque oltre lo spessore di spritz-beton). La quantità di prodotto impastato di volta in volta (come riferimento può essere preso il volume corrispondente al riempimento di singoli gruppi di 4-5 fori) deve essere scelta in relazione alle condizioni del cantiere e a quelle operative. La miscela eccedente, per ogni gruppo, dovrà essere scartata. In ogni caso sopraggiunto il limite di lavorabilità della miscela occorre scartarla, procedendo quindi alla realizzazione di un nuovo impasto. Una volta verificata la fuoriuscita della miscela dalla tubazione di sfiato, si provvederà a chiuderlo producendo una leggera sovrappressione della miscela in foro. L'attrezzatura di pompaggio deve essere dotata di un sistema di registrazione dei volumi iniettati che sarà verificato prima dell'inizio dei lavori e costantemente mantenuto

- Elementi valvolati: valgono le considerazioni riportate nel paragrafo10.10.2.4.3 per gli infilaggi.

Controlli

Prima della realizzazione dei consolidamenti dovrà essere effettuato un campo prova. Le prove di rottura sui preconsolidamenti avverranno con le modalità riportate al paragrafo10.6.5.3.2

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

10.7 TRATTAMENTI COLONNARI

10.7.1 DEFINIZIONI

I trattamenti colonnari identificano l'esecuzione di colonne di terreno consolidato, ottenute tramite:

- sistemi jetting (jet-grouting);
- jet-grouting armati eseguiti in avanzamento;
- mescolazione meccanica;
- sostituzione con miscele catalizzate.

10.7.2 TRATTAMENTI COLONNARI JETTING (JET GROUTING)

Per quanto non espressamente di seguito riportato relativamente agli interventi colonnari in jet-grouting si farà riferimento alla norma UNI EN 12716.

Si definiscono trattamenti colonnari jetting gli interventi di consolidamento e miglioramento dei terreni, mediante mescolazione in sito con leganti cementizi, iniettati a pressioni elevate (40 - 60 MPa) con l'impiego dei sistemi jetting (ad uno o più fluidi).

Il trattamento ha inizio con la perforazione del terreno in asse alla colonna che si vuole realizzare mediante rotazione o rotopercussione.

Raggiunta la profondità richiesta avviene la fase di risalita con il recupero delle aste impartendo anche un moto di rotazione. I due atti di moto posso essere separati (trattamento ad anelli, maggiormente frequente e che consente di passare più volte nella stessa sezione) ovvero contemporanei (a spirale)

Il fluido (o i fluidi) vengono immessi dagli ugelli installati sul monitor con continuità anche se è possibile, in relazione alla stratigrafia del terreno, variare i parametri operativi durante l'esecuzione della singola colonna.

Le diverse colonne di cui è costituito generalmente il trattamento possono essere realizzate con differenti sequenze operative sia con riferimento alla singola colonna che al trattamento complessivo:

- jet in discesa: alternativo alla consueta modalità di iniezione in risalita descritta precedentemente;
- pretaglio (o water jet): la realizzazione di un elemento di jet grouting viene favorita mediante una fase preliminare di disgregazione mediante getto d'acqua e/o altri fluidi;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- sequenza a fresco: gli elementi di jet grouting (colonne o pannelli) sono costruiti in successione senza attendere l'indurimento della miscela cementizia negli elementi adiacenti o sovrapposti;

- sequenza primaria-secondaria: l'esecuzione di un elemento di jet grouting non può iniziare prima di aver raggiunto una specifica e predeterminata resistenza o un prefissato tempo di indurimento degli elementi adiacenti precedentemente realizzati.

Gli elementi ottenuti, qualora previsto dal progetto, possono essere successivamente armati, utilizzando barre in acciaio ad aderenza migliorata, tubi metallici o in vetroresina,elementi in vetroresina.

L'inserimento dell'armatura può avvenire a miscela cementizia fresca, per infissione a pressione, oppure riperforando le colonne con miscele cementizie aventi la stessa composizione della miscela di iniezione.

I trattamenti colonnari jetting, in funzione delle modalità di iniezione della miscela, si distinguono in:

- Sistemi jetting monofluido

L'iniezione ad alta velocità delle miscele avviene attraverso gli ugelli laterali di una testa monitor montata sulla batteria di aste di perforazione e solidale all'utensile di disgregazione.

Il getto della miscela, eiettato ad alta pressione, funge da mezzo disgregante e di miscelazione del terreno circostante.

- Sistemi jetting a due fluidi

E' un sistema analogo al precedente ma l'iniezione ad alta pressione della miscela avviene attraverso degli speciali ugelli a fori coassiali, che permettono di iniettare la miscela insieme a un getto di aria in pressione. Con tale sistema si riesce a mantenere coerente ed energizzato su più lunga distanza il getto di miscela cementizia.

- Sistemi jetting a tre fluidi

L'iniezione della miscela cementizia avviene attraverso un ugello posto nella parte inferiore della batteria delle aste di perforazione mentre la disgregazione del terreno avviene attraverso un particolare ugello, posto al livello superiore, che eietta acqua a elevata pressione. L'efficacia del getto d'acqua è incrementata da un getto coassiale e anulare di aria compressa.

Con tale sistema l'azione disgregante avviene quindi tramite il getto a elevata pressione di acqua e aria, mentre la miscela stabilizzante viene iniettata nel terreno sottostante già disgregato e con contenuto d'acqua incrementato.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

10.7.2.1 Soggezioni geotecniche e ambientali

Di norma le perforazioni dovranno essere eseguite con o senza rivestimento, con circolazione di fluidi di perforazione per l'allontanamento dei detriti e per il raffreddamento dell'utensile.

I fluidi di perforazione potranno essere costituiti da:

- acqua;
- miscele cementizie;
- aria, nel caso di perforazione a rotopercussione con martello a fondo foro, o in altri casi proposti dall'ESECUTORE e accettati dalle FERROVIE.

Le pressioni d'iniezione devono essere determinate in modo da non provocare indesiderati inconvenienti, quali sollevamenti nelle adiacenze o comunicazioni tra fori o colonne vicine, non ancora indurite. A tal fine l'ESECUTORE, sulla base anche delle prove preliminari, dovrà studiare la corretta sequenza di esecuzione.

10.7.2.2 Modalità esecutive

Nel seguito vengono riportate le modalità esecutive a cui l'ESECUTORE si dovrà attenere per l'esecuzione, con sistemi jetting, di colonne di terreno consolidato, verticali, o sub orizzontali all'aperto od in sotterraneo.

10.7.2.2.1 *Preparazione del piano di lavoro, tracciamento*

L'ESECUTORE dovrà accertare che l'area di lavoro non sia attraversata da tubazioni, cavi elettrici o manufatti sotterranei che, se incontrati durante la perforazione, possano arrecare danno alle maestranze di cantiere o a terzi. Prima di iniziare la perforazione dovrà essere materializzata sul terreno la posizione delle iniezioni mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza di ciascun asse. Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo dell'iniezione risulta così come risulta dalla pianta dell'intervento di consolidamento.

Su tale pianta, redatta e presentata dall'ESECUTORE alle FERROVIE, dovrà essere indicata la posizione di tutte le iniezioni, incluse quelle di prova, contrassegnate con numero progressivo.

10.7.2.2.2 *Perforazioni*

Le perforazioni, per il raggiungimento della lunghezza di progetto del trattamento, in dipendenza del tipo di sistema prescelto e in funzione della natura dei terreni da attraversare, dovranno essere eseguite a rotazione o rotopercussione eventualmente tramite la batteria stessa di iniezione munita di speciale

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

utensile autoperforante in relazione alle caratteristiche del terreno determinate preventivamente all'inizio dei trattamenti.

I diametri medi della testa perforante dovranno essere normalmente compresi fra 65 e 200 mm. La misurazione dei parametri di perforazione durante l'esecuzione dell'apposito campo prove, come descritto al successivo paragrafo10.7.2.2.7 e durante le lavorazioni correnti, dovranno risultare nell'apposita scheda di cui al paragrafo10.6.5.1.11.

10.7.2.2.3 *Iniezioni*

Il dosaggio della miscela, la pressione e la portata d'iniezione, la velocità di rotazione e di sollevamento dell'asta dovranno essere scelti opportunamente, in relazione alle caratteristiche del terreno da consolidare, onde conseguire, oltre al diametro voluto, la necessaria resistenza, compenetrazione e impermeabilità delle colonne.
I parametri sopra indicati dovranno essere verificati sperimentalmente in sito, con l'esecuzione preliminare del campo prove di cui al successivo paragrafo 10.7.2.2.8, per l'ottenimento dei diametri minimi indicati in progetto.

In caso d'interruzione accidentale dell'iniezione, eliminato l'inconveniente, la stessa dovrà ripartire da una quota tale da comprendere almeno 50 cm della parte di colonna realizzata prima dell'interruzione. Dei sensori dovranno fornire, in corso d'opera, la registrazione continua dei parametri (di profondità, di pressione, di flusso) per tutta la lunghezza della colonna. Di norma i parametri di funzionamento dei sistemi jetting dovranno rispettare i valori riportati nella seguente tabella.

Tabella 10.7.1

SISTEMI	MONOFLUIDO	A DUE FLUIDI	A TRE FLUIDI
Pressione pompa miscela (MPa)	40÷60	40÷60	2÷7
Portata miscela (l/min)	60÷400	60÷400	60-200
Diametro ugello miscela (mm)	1,2÷8,0	1,5÷8,0	2-8,0
Numeri ugello miscela (n.)	1÷4	1÷2	1÷2
rapporto acqua/cemento --	> 0.50	> 0.50	> 0.50
Pressione pompa acqua (MPa)	=	=	30÷60

Portata flusso acqua (l/min)	=	=	30÷150
Diametro ugello acqua (mm)	=	=	1,8÷7
Pressione aria compressa (MPa)	=	0,2÷1,7	0,7÷1,7
Portata flusso aria (l/sec)	=	7÷10	50÷200
Spessore ugello aria (mm)	=	1,0	1,0
Velocità risalita (cm/min)	20÷60	15÷50	4÷15
Velocità rotazione (rpm)	8÷50	7÷40	5÷40
I valori riportati in tabella sono indicativi e variano in funzione del tipo di terreno da trattare e dei requisiti progettuali richiesti			

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

10.7.2.2.4 *Tipi di miscela*

Il cemento utilizzato potrà essere pozzolanico (CEM IV/A) o Portland (CEMII/A-L), di classe 32,5 o 42,5. La composizione più adatta verrà messa a punto, prima in laboratorio poi in cantiere, con opportune prove di qualificazione.

La miscela standard utilizzata deve avere, indicativamente, la seguente composizione (per lm^3):

- Cemento (kg) 600÷1000
- Acqua (l) 650÷800
- Bentonite o fluidificanti (kg) 0÷14

Il dosaggio della bentonite o dei fluidificanti dipende dal tipo di cemento.I parametri fisici caratteristici di tale miscela sono i seguenti:

- Viscosità Marsh (secondi) 28÷45
- Densità (kg/cm^3) 1,5÷1,7
- Resa Volumetrica (%) > 75

La resistenza a rottura ad espansione laterale libera di tali miscele dopo maturazione di 28 giorni deve essere fra i 25 e i 35 Mpa.

10.7.2.2.5 *Materiali*

Tubi in acciaio

Per realizzare l'armatura delle colonne jet-grouting è prescritto l'impiego di tubi aventi caratteristiche geometriche e qualità dell'acciaio conformi a quanto indicato nei disegni di progetto.

I tubi dovranno essere del tipo senza saldature, con giunzioni filettate interne. Le caratteristiche delle giunzioni (filettatura, lunghezza, sezioni utili) dovranno consentire una trazione ammissibile pari almeno al 70% del carico ammissibile a compressione.

1)Materiali da impiegare e controlli: Norme UNI EN 10210 Parti 1a, 2a e 5a; UNI EN 10025; UNI EN ISO 148-1:2010 Parte 1a;

2)Saldature:NTC 2008(parte 4.2.8.2 Unionisaldate; par.11.3.4.5Processo di saldatura), Norma UNI EN 1993-1-8 ;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumeriato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

3)Bullonature:NTC 2008 (parte 4.2.8.1 Unioni con bulloni ; par.11.3.4.6Bulloni e chiodi),Norma UNI EN 1993-1-8.

Al fine di garantire l'identificazione e la rintracciabilità dei prodotti approvvigionati tutto il materiale avente dimensione quadra o tonda superiore a 60.3 mm dovrà essere marcato sull'intera lunghezza di ciascun elemento e a intervalli non inferiori a 3.0 m, con i parametri definiti nel paragrafo 10 della Norma EN 10210/1a. Di ogni partita di materiale consegnato dovranno essere conservate e rese eventualmente disponibili alle FERROVIE le bolle di consegna e i certificati di prova.

Barre in acciaio speciale

Le barre dovranno essere in acciaio dei tipo ad aderenza migliorata di qualità e caratteristiche conformi a quanto specificato nelleNTC2008 (parte 4.1)

E' consentito, ove espressamente previsto dai disegni di progetto, l'impiego di barre in acciai speciali e a filettatura continua ad alto limite di snervamento o simili.

Vetroresine

I tubi in vetroresina dovranno avere caratteristiche conformi a quanto previsto al precedente paragrafo10.6.4.9.

10.7.2.2.6 *Caratteristiche delle attrezzature*

Le attrezzature dovranno avere le seguenti caratteristiche:

Impianto di miscelazione

L'impianto di miscelazione dovrà essere del tipo a cicli ripetitivi con polmone di accumulo e agitatore della miscela confezionata e avere i seguenti dispositivi di controllo:

- bilancia del cemento meccanica o con celle di carico;
- misuratore del volume d'acqua;
- dosatore di eventuali additivi;
- contacicli progressivo di miscelazione con stampa in automatico delle singole pesate.

Successivamente all' impianto del cantiere e prima dell' inizio delle lavorazioni dovrà essere eseguita la taratura delle bilance per i componenti solidi.

Centrale di iniezione

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Le pompe di iniezione ad alta pressione, le cui caratteristiche dovranno essere dichiarate dall'ESECUTORE prima dell'inizio dei lavori, dovranno essere provviste di manometri, sia sulla mandata delle pompe sia in prossimità dell'inserimento dei tubi ad alta pressione nelle batterie delle aste di iniezione, in quest'ultimo punto la pressione dovrà corrispondere ai valori dichiarati.

I manometri dovranno essere sigillati e muniti di un certificato ufficiale di taratura.

Prima dell'inizio dei lavori dovrà essere consegnato alle FERROVIE un manometro, tarato presso un Laboratorio Ufficiale, per i controlli in corso d'opera.

Dovranno essere installati, in funzione delle caratteristiche delle pompe, opportuni dispositivi atti a regolarizzare le mandate delle pompe stesse.

Attrezzature di iniezione

Tali attrezzature dovranno essere idonee per eseguire l'iniezione della colonna o modulo di trattamento in un'unica fase senza interruzione; per casi particolari, la ripresa della perforazione dovrà riprendere riperforando, almeno 50 cm, l' elemento già realizzato.

Le attrezzature di perforazione e iniezione dovranno avere caratteristiche tali da garantire una deviazione dall'asse di progetto inferiore o pari all'1,5% della lunghezza di perforazione.

Durante il trattamento, sia nel campo prova che durante l'esecuzione del lavoro, tutti i parametri di perforazione e di iniezione (velocità di avanzamento e di risalita, velocità di rotazione delle frese, portata della pompa, pressione di iniezione della miscela e dell' aria, ecc) dovranno essere registrati in continuo su supporto magnetico collegato all'attrezzatura di lavoro mediante opportuni trasduttori.

Solo durante l' esecuzione del campo prova dovrà essere registrata con opportuna attrezzatura la deviazione della perforazione rispetto alla verticale.

Le schede di ogni elemento realizzato dovranno essere allegate alla relazione finale.

Prima dell'inizio dei lavori e durante la loro esecuzione dovranno essere eseguite le seguenti attività:

- messa a punto del sistema ed esecuzione di un adeguato campo prove;
- definizione delle caratteristiche meccaniche del terreno consolidato con prove eseguite in sito e in laboratorio;
- controlli in corso d'opera e archiviazione dati.

10.7.2.2.7 *Definizione dei parametri operativi di prova*

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

L'attività deve definire un set di parametri operativi da verificare con il successivo campo prova. Essa ha inizio con l'esame della documentazione progettuale particolarmente sotto l'aspetto delle caratteristiche richieste al terreno trattato, alla funzione assegnata all'intervento, al contesto geotecnico e idrogeologico del sito con riferimento, soprattutto, ai fattori critici che possono avere influenza sul trattamento. In sintesi:

- Requisiti richiesti dal trattamento.I requisiti progettuali sono espressi in termini di diametro della colonna, resistenza a compressione, modulo elastico, densità, coefficiente di permeabilità.

- Funzionalità dell'intervento. Occorre valutare attentamente la funzione a cui deve assolvere l'intervento di trattamento poiché può fornire indicazioni importanti ed evidenziare criticità che la sola considerazione dei parametri richiesti al trattamento potrebbe non fornire.

- Caratteristiche dei terreni/Variabilità delle caratteristiche dei terreni. devono essere analizzati i dati geotecnici come ad esempio granulometrie, prove SPT, prove CPT, prove di permeabilità in situ e prove di laboratorio; fondamentale è inoltre riconoscere la sequenza stratigrafica dei terreni nell'ambito del volume da trattare.

- Contesto ambientale. In questa fase occorre valutare l'ambiente circostante per minimizzare gli effetti secondari.

10.7.2.2.8 *Messa a punto del sistema ed esecuzione di un adeguato campo prove*

Per la scelta della miscela da utilizzare per ottenere i risultati richiesti dal progetto, nonchè per verificare le modalità operative, le dimensioni medie rese, ecc., dovranno essere progettati e realizzati, come detto, idonei campi prova in con i seguenti obbiettivi:

- definire i dosaggi delle miscele cementizie;

- stabilire i parametri per l' esecuzione delle colonne e/o dei pannelli;

- per trattamenti non meccanici, determinare il diametro medio reso;

- le caratteristiche meccaniche del terreno trattato;

- l'omogeneità del trattamento;

- la verticalità delle colonne o dei pannelli di terreno trattato.

I trattamenti dovranno essere eseguiti in condizioni simili a quelle operative, in sostanza il trattamento dovrà essere eseguito alle stesse profondità di progetto e in terreni affini a quelli previsti in progetto.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Il campo prova potrà svolgersi in due fasi, la prima dovrà permettere di definire tutte le metodologie operative, e nella seconda fase sarà simulato il trattamento, con i parametri e le metodologie individuate nella prima fase.

Prima dell'inizio delle attività dovrà essere fornito alla Direzione Lavori il progetto del campo prova, in cui dovranno essere sviluppate e descritte le attività del campo prova, in relazione alle prestazioni e alle caratteristiche richieste al trattamento, in dettaglio dovranno essere indicate:

- ubicazione delle colonne da eseguire;
- caratteristiche delle miscele di iniezione che si intende provare;
- caratteristiche delle attrezzature utilizzate;
- parametri di iniezione (portate, velocità di risalita, ecc.);
- stratigrafia del terreno interessato dal campo prova;

Dovrà essere eseguitauna provaCross-Hole sul terreno naturale per definire le sue velocità caratteristiche prima del trattamento.

Nella relazione dovranno essere presentati i modelli teorici previsionali per l'indagine geofisica utilizzati per il dimensionamento di dettaglio dei dispositivi di misura e per verificare la rispondenza del sistema agli obiettivi di indagine.

Per una migliore comprensione dell'efficacia del trattamento durante i campi prova dovranno essere effettuati un controllo volumetrico e di composizione del refluo (miscela che risale a boccaforo) e dovrà essere attentamente monitorata la presenza di eventuali effetti secondari correlati all'esecuzione del jet.

Prima dell'esecuzione di ogni colonna, dovrà essere verificato lo stato di usura degli ugelli e dei loro diametri nominali e il controllo dell'efficacia dei giunti della batteria di iniezione.

Nel caso di elementi compenetrati, una volta che sono state definite le modalità esecutive idonee, come detto, dovrà essereverificata la fattibilità del progetto eseguendo una controllo del set di parametri scelti,in una seconda fase in cui è simulata la geometria di progetto.

10.7.2.2.9 *Ubicazione campo prova*

I terreni dove sarà eseguito il campo prova dovranno essere simili a quelli su cui dovrà essere realizzato il trattamento.

Qualora l'intervento si sviluppi in terreni con una stratigrafia variabile dovrà essere valutata e verificata la necessità di sviluppare più campi prova, per le varie litologie presenti.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Prima di iniziare la perforazione dovrà essere materializzata sul terreno la posizione delle iniezioni mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza di ciascun asse. Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo dell'iniezione quale risulta dalla pianta consegnata con il progetto.

Le macchine utilizzate dovranno essere attrezzate con dispositivi in grado di registrare, durante la perforazione e l'iniezione, eventuali spostamenti del must di perforazione, sia planimetricamente che di verticalità, nonché delle quote del piano campagna.

Inoltre per tutte le colonne dei campi prova dovranno essere misurate, con idonee attrezzature, la deviazione della testa delle aste di perforazione.

10.7.2.2.10 *Campo prova prima fase*

Nella prima fase saranno definiti i parametri e le tecnologie da utilizzare per le lavorazioni.

Nel caso di elementi singoli, questa fase sarà da ritenersi esaustiva.

Le attrezzature avranno le caratteristiche precedentemente esposte che dovranno avere una configurazione analoga a quelle che successivamente saranno utilizzate per la produzione.

Per verificare la percentuale di sostituzione dovrà essere misurato, durante la fase di trattamento, il volume del materiale di risulta (refluo), e dovranno essere analizzate le sue caratteristiche, confrontandole con quelle della miscela cementizia di partenza. Il refluo dovrà essere opportunamente regimentato attraverso la disposizione di apposite tubazioni che ne permettano il convogliamento in vasche di raccolta.

10.7.2.2.11 *Controlli da eseguire sul trattamento dei campi prova*

I controlli che dovranno essere eseguiti sul volume di terreno consolidato saranno:

- l'ispezione visiva, (qualora sia possibile raggiungere l'elemento di terreno trattato con uno scavo con escavatore);
- l'omogeneità del trattamento e determinazione del modulo dinamico in sito su tutto lo spessore del terreno trattato;
- carotaggi con il prelievo di campioni significativi di terreno trattato su cui eseguire prove di laboratorio;
- prove in sito per verificare la permeabilità del terreno trattato;
- prove di laboratorio per la determinazione della resistenza al taglio e la deformabilità del terreno trattato;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- controllo volumetrico e di composizione del refluo;
- monitoraggio della presenza di eventuali effetti secondari correlati all'esecuzione del jet.

10.7.2.2.12 *Ispezione visiva*

Qualora il trattamento raggiunga profondità prossime alpiano campagna e le condizioni ambientali lo permettano (es. profondità di falda, stabilità dello scavo ecc.), sarà eseguito uno scavo per verificare la parte superficiale delle colonne e pannelli.

Dovrà essere verificata la dimensione, la regolarità e la corretta conformazione delle colonne o pannelli,per poter verificare le possibili anisotropie di comportamento del terreno trattato.Nella parte scoperta per l'ispezione visiva potranno essere eseguite delle perforazioni orizzontali e su alcuni provini ricavati dalle suddette carote saranno eseguite le prove di laboratorio che saranno successivamente descritte.

10.7.2.2.13 *Omogeneità del trattamento*

La verifica delle caratteristiche del terreno trattato e la sua omogeneità saranno eseguite per mezzo di sondaggi a carotaggio continuo e prove geofisiche.

Dovrà essere applicata la metodologia sismica a rifrazione mediante l'acquisizione tomografica in 2D (tomografie sismiche bidimensionali).

10.7.2.2.14 *Sondaggi a carotaggio continuo*

Tutti i sondaggi saranno eseguiti a carotaggio continuo nel tratto interessato dal trattamento e saranno attrezzati con tubi inclinometrici per la verifica della deviazione rispetto alla verticale.

I sondaggi a carotaggio continuo saranno eseguiti nel rispetto delle specifiche allegate al contratto in una delle colonne eseguite per ogni set di parametri o metodologia.

Qualora il progetto preveda che le colonne e gli elementi non siano compenetrati il sondaggio dovrà essere eseguito a 10 cm dal bordo teorico ipotizzato.

Nel caso che gli elementi siano compenetrati (diaframmi, tappo di fondo, ecc) il sondaggio sarà eseguito a circa 15 cm dal centro della colonna.

Il carotaggio sarà eseguito con doppio carotiere (T6 o T6S) e corona diamantata, il diametro minimo delle carote dovrà essere di 82 mm.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumeriato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Le carote estratte da ciascun sondaggio dovranno essere catalogate in apposite cassette, e dovrà essere redatta apposita stratigrafia in cui sia riportata anche una descrizione dettagliata sul grado di continuità dei campioni estratti, della percentuale di carotaggio, dell' indice RPM, della lunghezza di ciascun pezzo di carota, del numero di giunti e della presenza di eventuali lenti limose o argillose non disgregate e cementate.

La percentuale minima di recupero non dovrà essere inferiore al 90% della lunghezza teorica dello spessore del trattamento ed il recupero percentuale modificato (RPM) non dovrà essere inferiore al 50 %.

10.7.2.2.15 *Prelievo dei campioni per prove di laboratorio*

I campioni saranno prelevati in contraddittorio con la Direzione Lavori, immediatamente dopo il recupero della carota.

I campioni saranno paraffinati e conservati in borsa frigorifero e consegnati quotidianamente al laboratorio per le prove previste.

10.7.2.2.16 *Prove in sito*

Analogamente alla prima fase del campo prova potranno essere eseguite, durante la perforazione del sondaggio, prove in sito come pressiometriche, dilatometriche, di permeabilità ecc.

La loro scelta sarà funzione dei parametri che dovranno essere determinati.

Nel caso che il trattamento debba garantire l'impermeabilità dovranno essere eseguite prove di permeabilità.

I gradini di prova devono essere funzione del battente idraulico di esercizio, l'andamento della prova dovrà essere analizzato e valutato sia quantitativamente sia qualitativamente, sia in fase di pressioni crescenti sia in fase di scarico.

10.7.2.2.17 *Prove di laboratorio*

Su campioni significativi e rappresentativi di tutte le classi granulometriche di terreno consolidato, prelevati dalle cassette e di lunghezza tale da permetter la realizzazione di provini di altezza doppia rispetto al diametro, saranno eseguite, tenendo conto dei parametri richiesti dal progetto, le seguenti prove di laboratorio:

- Determinazione del peso di volume, saturo e secco, del terreno consolidato;
- Prove di compressione semplice con lettura delle deformazioni assiali;le prove saranno eseguite nel rispetto della norma ASTM-D 2166/79 con la ricostruzione della curva sforzi-deformazioni.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- Prove di trazione brasiliana.
- Prove triassiali CD da eseguirsi tendenzialmente su provini di materiale caratterizzati da resistenze alla compressione semplice non superiore a quelle richieste.

Il numero delle prove sarà quello necessario per caratterizzare tutto il tratto di terreno trattato, permettendo di definire le curve di distribuzione normale tipiche del materiale trattato. I valori medi ottenuti non dovranno mai essere al disotto di quelli minimi previsti dal progetto. Il tratto di terreni con valori inferiori a quelli minimi di progetto non potrà comunque essere superiore al 10 % dello spessore totale di terreno trattato.

Tenendo conto che la curva di maturazione è diversa per ogni trattamento, questa potrà essere ricostruita ripetendo le operazioni suddette. Comunque i campioni non potranno maturare in camera umida ma dovranno essere prelevati al momento previsto.

10.7.2.2.18 *Log sonici*

Il rilievo sonico e ultrasonico, da eseguire nel foro eseguito nella colonna permette, conoscendo l'andamento della perforazione, un apprezzamento della verticalità e del diametro medio reso.

Il rilievo dovrà essere eseguito con una configurazione dei trasduttori con offset di 1 m, con trasduttore di trasmissione in posizione inferiore.

I dati dovranno essere registrati partendo dal fondo e salpando i trasduttori a velocità costante lungo tutta la verticale, fermando la registrazione in corrispondenza della bocca del sondaggio.

La frequenza di scansione dovrà essere controllata tramite un encoder ottico, collegato all'acquisitore.

10.7.2.2.19 *Tomografia 2D*

Con questa tecnica si ha l'obiettivo di verificare la continuità del trattamento, con la definizione, per tutta la lunghezza del diametro medio reso, della verticalità della colonna, di eventuali "sbulbature" (claquage) o assottigliamenti, nonché le eventuali disomogeneità nel corpo integro della colonna o elemento di terreno consolidato.

Questo sarà ottenuto con due sezioni tomografiche in onde P ed S incrociate, a cavallo della colonna o elemento di terreno trattato.

I fori saranno eseguiti, nel tratto corrispondente alla quota del terreno trattato, a carotaggio continuo, per verificare l'omogeneità del terreno. Questi saranno attrezzati con tubi inclinometrici in modo da verificare esattamente la verticalità dei fori stessi.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Le immagini bidimensionali saranno costruite analizzando la variazione in continuo della velocità sismica (tomografia) delle onde di taglio (onde S) e di compressione (onde P). Con questa tecnica si riuscirà a ricostruire, pertanto, una visione qualitativa della stratigrafia del terreno consolidato investigato, in termini di variazioni di "densità" dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica.

La conoscenza della velocità delle onde di taglio S permetterà anche di calcolare il valore dei moduli dinamici.

Qualora le caratteristiche finali del terreno trattato siano simili a quelle del terreno naturale sarà opportuno eseguire una sezione tomografica sia con onde P che S sul terreno naturale, utilizzando due fori il cui allineamento non interessi il terreno consolidato.

L'acquisizione di ogni sezione verrà realizzata posizionando in uno dei fori una colonna con 6/12 sensori tridimensionali spaziati di 1 m, mentre nel foro opposto, saranno creati degli impulsi sismici procedendo dal fondo alla superficie, ad intervalli regolari di 1 metro. Le operazioni saranno ripetute in modo simmetrico, con posizioni rovesciate dei punti sorgente e dei punti registrazione.

Qualora non si riesca ad eseguire la tomografia con onde S, e serva comunque calcolare i moduli dinamici, sarà realizzata solo la sezione tomografica per le onde P e sarà un Cross-Hole tradizionale con la registrazione della velocità delle onde S.

Campo prova seconda fase

Una volta scelti i parametri operativi, e verificati i risultati delle indagini eseguite, sarà sviluppata la 2° fase del campo prova con la simulazione della lavorazione.

Verranno eseguite una serie di colonne o elementi nella geometria prevista per l'esecuzione della lavorazione, il numero delle colonne dovrà essere tale da avere la parte centrale in configurazione finale.

Sostanzialmente dovrà essere realizzata una "rosetta"in cui, rispetto alla colonna centrale, le colonne laterali chiudono tutte le compenetrazioni.

Come per la prima fase il refluo dovrà essere opportunamente regimentato attraverso la disposizione di apposite tubazioni che lo convoglino in vasche di raccolta. Dovranno essere effettuati, altresì, controlli volumetrici e di composizione dello stesso.

Le prove da eseguire, da decidere in funzione delle prestazioni che il consolidamento deve garantire sono:

- sondaggi a carotaggio continuo;
- prove in situ (permeabilità, dilatometriche, ecc.);

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- prove di laboratorio sui campioni prelevati;
- monitoraggio geofisico 2D e 3D.

Sondaggi a carotaggio continuo

I sondaggi a carotaggio continuo saranno eseguiti con le stesse modalità operative utilizzate per la prima fase del campo prova.

Dovranno essere almeno 6 disposti ai vertici di un esagono avente il centro coincidente con quello della colonna centrale. L'asse di perforazione dovrà essere ad almeno a 20 cm dal centro della colonna in cui è eseguito.

Questi sei fori, che saranno utilizzati per eseguire l'indagine geofisica tridimensionale e bidimensionale, saranno attrezzati con tubi inclinometrici per la verifica della loro eventuale deviazione rispetto alla verticale.

Oltre a questi 6 dovranno essere eseguiti almeno altri 2 sondaggi nella zona di compenetrazione tra 2 colonne e nella colonna centrale.

Prelievo dei campioni per prove di laboratorio

I campioni saranno prelevati in contraddittorio con la Direzione Lavori, immediatamente dopo il recupero della carota.

I campioni saranno paraffinati e conservati in borsa frigorifero e consegnati quotidianamente al laboratorio per le prove previste.

Prove in situ

Come nella prima fase durante la perforazione dovranno essere eseguite prove in sito per caratterizzare il terreno trattato almeno nel sondaggio eseguito nella zona di compenetrazione.

I risultati dovranno essere simili a quelli registrati nella prima fase.

Prove di laboratorio

Sui campioni significativi e rappresentativi di tutte le classi granulometriche di terreno consolidato, in particolare nella zona di compenetrazione, saranno eseguite prove di laboratorio come per la prima fase.

Rilievo sismico in 3D

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Con questa tecnica di rilevo, attraverso l'acquisizione simultanea in posizioni diverse collocate in un volume geometrico definito, si dovrà ricostruire la distribuzione della velocità sismica delle onde di compressione (onde P) in un ambito volumetrico di terreno investigato, e quindi rappresentare lo stesso, in termini di variazioni di "densità".

Come detto per l'indagine bidimensionale, tale tecnica di prospezione consiste nella acquisizione simultanea degli impulsi sismici e nella misura dei tempi impiegati dalle onde sismiche per percorrere un tragitto rettilineo, compreso tra una serie di punti di energizzazione (sorgente sismica) disposti all'interno di un foro di sondaggio e una serie di punti di ricezione (idrofoni), disposti negli altri 5 fori.

L'energizzazione sarà ripetuta lungo tutte le colonne di sondaggio ad intervalli di 1m, procedendo dal fondo dei fori verso la superficie. In questo modo sarà possibile l'acquisizione di una ragnatela di traiettorie sismiche attraversanti l'intero corpo oggetto d'indagine.

L'elaborazione dei dati tomografici 3D dovrà permettere la costruzione del modello tridimensionale del volume di terreno investigato.

In tal modo sarà costruito il modello solido del volume del terreno trattato indagato, che potrà essere "tagliato" lungo piani predefiniti per rappresentare in modo bidimensionale la situazione esistente lungo specifiche direzioni corrispondenti a tagli effettuati sia su piani orizzontali che verticali.

Confrontando i risultati di indagini dirette e attribuendo le velocità caratterizzanti le varie litologie consolidate, e gli eventuali tratti anomali, sarà possibile "estrarre" immagini tridimensionali di porzioni significative di dati, in cui siano evidenziati volumi con uguale velocità (isovolumi).

In particolare, andranno evidenziati i volumi delle eventuali anomalie, per verificare la loro influenza con il progetto di consolidamento.

Indagine geofisica 2D

Qualora si renda necessario valutare l'andamento dei moduli dinamici del terreno trattato dovrà essere eseguita una indagine geofisica 2D con onde di taglio (onde S).

Questa tecnica potrà essere utilizzata in sostituzione dell'indagine 3D quando si realizzano diaframmi o elementi strutturali in cui la compenetrazione avviene lungo unasola direzione.

In questo caso le metodologie operative saranno simili a quelle per la prima fase del campo prova, eseguendo una tomografia con registrazione delle onde di taglio (onde S) o in alternativa una sezione tomografica con registrazione di onde di compressione (onde P) e un Cross Hole per la registrazione delle onde di taglio (onde S).

Relazione finale

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Completate le prove del campo prove dovrà essere redatta opportuna relazione tecnica in cui saranno illustrati e commentati i risultati ottenuti e dove saranno indicate le modalità esecutive dell'intervento.

Infine, dovrà essere sviluppato il progetto di monitoraggio da eseguire in corso d'opera.

10.7.2.2.20 *Esecuzione del trattamento*

In corso d'opera il trattamento di consolidamento del terreno dovrà essere e monitorato con specifici e rigorosi controlli per la verifica del raggiungimento degli obiettivi progettuali.

I dosaggi della miscela, le pressioni e portate d'iniezione, nonché la velocità di rotazione e di sollevamento delle aste dovranno essere quelli indicati nella relazione finale del campo prova, dovranno essere registrate in continuo e dovranno essere trasmessi alle FERROVIE.

Prima dell'inizio delle attività dovranno essere trasmessi alla Direzione Lavori le caratteristiche delle attrezzature da utilizzare tutti i certificati di taratura dei manometri e degli strumenti di registrazione.

Tutte le centrali di miscelazione dovranno essere verificate e dovranno essere eseguite le prove analogamente a quelle eseguite per il campo prova dovranno essere ottenuti gli stessi risultati.

Quando si devono consolidare grandi superfici di terreno a profondità tali che anche le tolleranze ammesse posso determinare la non compenetrazione dei singoli elementi, alfine di ridurre il rischio di errore occorre certificare la corretta posizione planimetrica delle colonne eseguite, nonché la verticalità della torre di perforazione. Per questo le macchine dovranno essere attrezzate con sistema di posizionamento con sistema GPS, in grado di registrare gli scostamenti, durante le lavorazioni, rispetto alla coordinata progettuale.

La perforatrice sarà attrezzata con opportuno monitor, collegato ad un computer in cui saranno visualizzate le posizioni planimetriche del centro delle singole colonne, la quota di inizio trattamento.

Saranno inoltre visualizzati il picchetto virtuale della colonna da eseguire e la "bolla" per la verticalità della torre di perforazione.

Quando la macchina sarà correttamente posizionata dovranno essere registrate le coordinate di inizio perforazione e sarà calcolata e visualizzata la lunghezza esatta della perforazione da eseguire.

Durante la perforazione e la fase d'iniezione saranno visualizzati e registrati eventuali spostamenti rispetto alle tolleranze di progetto dei parametri monitorati (posizione planimetrica, quota, verticalità della torre).

Analoga registrazione a quella di inizio perforazione sarà eseguita alla fine.

I tabulati delle registrazioni eseguite dovranno essere trasmesse alla Direzione Lavori e saranno indicati:

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- Identificativo della macchina;
- Data di esecuzione della colonna;
- Numero della colonna;
- Coordinate di progetto;
- Quota del piano campagna;
- Scostamento dalle coordinate di progetto;
- Quota di inizio trattamento;
- Inclinazione della torre;
- Ora inizio e termine della colonna;
- Durata complessiva della lavorazione;

Il refluo dovrà essere opportunamente regimentato attraverso la disposizione di apposite tubazioni che ne permettano il convogliamento in vasche di raccolta.

Dovranno essere attentamente monitorati dall'ESECUTORE eventuali effetti secondari correlati all'esecuzione del jet-grouting In particolare in corrispondenza delle aree urbanizzate dovranno essere predisposti sistemi di controllo topografico.

10.7.2.2.21 *Controlli e documentazione*

Il monitoraggio dovrà essere progettato prima dell'inizio delle lavorazioni alla conclusione del campo prova e sarà eseguito con le tecnologie utilizzate nel campo prova.

Il numero delle prove sarà definito sulla base della funzionalità del campo prova e comunque saranno controllate, complessivamente, utilizzando metodi diretti (sondaggi) e indiretti (geofisica) almeno l'80 % delle colonne eseguite.

Le indagini geofisiche potranno essere rappresentate da profili sismici tomografici, sezioni tomografiche in foro, sezioni tomografiche geoelettriche. La scelta delle metodologie da utilizzare sarà fatta in funzione delle caratteristiche dell'intervento e dell'ambiente in cui si opera.

I valori delle prove di laboratorio e/o in sito non dovranno essere inferiori a quelli registrati durante il campo prova.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Durante le operazioni di esecuzione dell'iniezione l'ESECUTORE dovrà controllare le volumetrie e la composizione del refluo confrontandole con quanto riscontrato nel campo prova

Quando le colonne di terreno consolidato vengano eseguite al fine di creare una fascia di terreno consolidato all'estradosso delle pareti di scavo in galleria, al fine di verificare, in sito, l'efficacia del trattamento medesimo, dovrà essere eseguita nel nucleo da scavare, una colonna consolidata della lunghezza utile di 4.0 metri ogni 300 ml o frazione di colonne consolidate eseguite.

Sono comunque a carico dell'ESECUTORE:

- il trasporto e l'allontanamento per e dal cantiere di lavoro delle attrezzature;
- la fornitura in loco delle miscele consolidanti;
- la predisposizione delle piazzole di lavoro, anche in presenza di acqua, e delle relative strade di servizio;
- l'eventuale inserimento di barre o tubi di armatura, anche con riperforazione e successiva iniezione di intasamento;
- gli spostamenti successivi e i riposizionamenti delle attrezzature;
- l'esecuzione di carotaggi continui e le relative prove da eseguire in corso d'opera come precedentemente indicato, nonché l'intasamento dei vuoti dovuti alle carote;
- la realizzazione di fori di spurgo o di prefori per il controllo delle sovrappressioni in fase di esecuzione del jet-grouting;
- quant'altro possa occorrere per dare le colonne finite a perfetta regola d'arte, secondo le istruzioni che verranno stabilite dalle FERROVIE.

Sono a carico dell'ESECUTORE le ulteriori lavorazioni dovute alla presenza di massi di scogliera, di trovanti, ceppaie, materiali ferrosi, murature e conglomerati semplici od armati od altro, che ostacolassero la costruzione delle colonne, nonché la rimozione, la rottura o attraversamento dei suddetti ostacoli e l'eventuale maggiore impiego di miscela cementizia o chimica, derivante dalla presenza nel terreno di cavità naturali e di vani conseguenti alla rimozione dei ripetuti ostacoli.

Di ogni colonna consolidata di prova, eseguita sia preliminarmente che in corso d'opera, si dovrà compilare e consegnare alle FERROVIEun'apposita scheda , redatta secondo lo schema riportato nella seguente tabella 10.7.2.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumeriato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Tabella 10.7.2

CANTIERE: _____ IMPRESA: _____
Struttura: _____ Data: _____

Sistema	U. dimisura	colonna N°					
Quota piano compagnia	m						
Quota livello falda	m						
Lunghezza perforazione	m						
Inizio perforazione	h; min						
Termine perforazione	h; min						
Lunghezza trattamento	m						
Inizio trattamento	h, min						
Termine trattamento	h; min						
Diametro colonna	cm						
Q/tà totale miscela iniett.	It						
Numero impasti miscela							
a/c miscela							
Lunghezza tratto additivo	m						
Tipo dosaggio additivo	%						
Velocità rotazione monitor	r.p.m.						
Velocità risalita monitor	cm/min.						
Pressione iniezione acqua	MPa						
Pressione iniez. Aria comp.	MPa						
Portata iniez. Aria comp.	m^3/min						
Pressione iniezione miscela	Mpa						
Portata iniezione miscela	It/min						

Diametro ugelli miscela	m						

10.7.3 TRATTAMENTI COLONNARIA MISCELAZIONE MECCANICA

Si definiscono trattamenti colonnari meccanici gli interventi realizzati con tecniche atte a formare un elemento (colonna o pannello) di terreno stabilizzato, di dimensioni univocamente definite, mediante miscelazione meccanica con apporto di leganti inorganici (usualmente cemento e calce).

Gli scopi principali della stabilizzazione mediante apporto di leganti possono così sintetizzarsi:

- controllo della stabilità volumetrica (rigonfiamento e ritiro);
- incremento della resistenza al taglio del terreno;
- modifica delle caratteristiche di deformabilità;
- variazione della permeabilità.

Il meccanismo di stabilizzazione mediante apporto di calce o cemento è sostanzialmente simile, e i prodotti finali delle loro reazioni sono una serie di silicati di calcio idratati.

10.7.3.1 Trattamento con apporto di cemento

L'apporto di cemento può sostanzialmente avvenire in due modi:

- per via secca, mediante un flusso di aria in pressione;
- per via umida, inviando direttamente la miscela acqua-cemento.

Il sistema consiste nel far penetrare nel terreno, sino alla profondità desiderata, particolari utensili costituiti da sistemi di lame disposte a croce (tipo Deep mixing) o frese (tipo CSM), collegate a un'asta cava in grado di perforare e disgregare il terreno senza asportarlo in superficie, formando in tal modo una colonna o un pannello di terreno uniformemente rimaneggiata.

L'immissione della miscela stabilizzante, per via secca o per via umida, potrà essere realizzata durante la fase di discesa o di risalita dell'utensile.

10.7.3.1.1 *Sistema con apporto di cemento per via secca*

In questo caso l'elemento stabilizzante, cemento in polvere, verrà immesso nel terreno attraverso degli ugelli posizionati nella parte superiore dell'utensile. L'immissione avverrà di norma nella fase di risalita, utilizzando, come veicolo di trasporto, aria in pressione, che spingerà il cemento attraverso le aste cave di perforazione. Queste dovranno essere di sezione tale da consentire nel terreno la formazione di un

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

condotto anulare cilindrico attraverso il quale effettuare lo scarico all'esterno dell'aria compressa eiettata dagli ugelli del disgregatore. L'attrezzatura dovrà essere provvista di un'opportuna campana di trattenimento delle polveri.

Nella fase di discesa la penetrazione dell'utensile dovrà essere facilitata dall'immissione di aria in pressione che fuoriesce dagli stessi ugelli che si utilizzeranno per l'immissione di cemento secco e aria nella fase successiva. E' importante che l'aria immessa, sia nella fase di perforazione che come veicolo di trasporto dello stabilizzante, sia adeguatamente essiccata.

Il sistema con apporto per via secca richiede che il terreno da trattare abbia un elevato contenuto d'acqua al fine di poter far completamente svolgere la reazione di presa al legante. In caso contrario, per terreni aventi un contenuto d'acqua ridotto, bisognerà provvedere all'immissione della stessa, in quantità idonee, durante la fase di discesa dell'utensile.

10.7.3.1.2 *Sistema con apporto di cemento per via umida*

In questo caso l'elemento stabilizzante viene immesso nel terreno già come miscela stabile acqua/cemento, eventualmente additivata. L'immissione della miscela, può avvenire sia nella fase di discesa che di risalta.

Nel caso l'immissione avvenga nella fase di discesa essa serve per garantire la penetrazione dell'utensile e la fluidificazione del terreno da trattare.

Nel caso di immissione nella fase di risalita, come fluido di perforazione durante la discesa dell'utensile si utilizzerà dell'acqua.

Ovviamente l'immissione di tutti i fluidi avverrà, come per il caso precedente, attraverso le aste cave e gli ugelli posizionati in prossimità dell'utensile.

Questo sistema, per la sua peculiarità, è idoneo a trattare terreni con basso contenuto d'acqua, anche incoerenti.

10.7.3.1.3 *Modalità esecutive*

I principali parametri operativi dei due sistemi di miscelazione meccanica, da mettere a punto di volta in volta in un campo prove preliminare, dovranno essere i seguenti:

- Velocità di rotazione dell'utensile: 15 ÷ 45 giri/min.;
- avanzamento in discesa e risalita: 0,5 ÷ 10 cm/giro;
- portata massima acqua: 200 ÷ 250 l/min.;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- pressione acqua: 1,5 ÷ 3,0 MPa;
- pressione aria: 0,2 ÷ 1.0 MPa;
- compressore aria (essiccata) : 10000 ÷20000 litri
- impianti in grado di erogare le seguenti quantità di cemento o miscela binaria:
- cemento: 3.000 ÷ 10.000 Kg/ora;
- miscela: 5.000 ÷ 15.000 l/ora.

Tenendo conto della continua evoluzione dei sistemi descritti, deroghe a quanto sopra potranno essere accettate dalle FERROVIEpurché adeguatamente documentate con prove tecnologiche.

10.7.3.1.4 *Caratteristiche dei trattamenti*

A meno di particolari esigenze progettuali, di volta in volta indicate, le caratteristiche minime delle colonne consolidate dovranno essere le seguenti:

- diametro delle colonne: univocamente determinato dal diametro delle lame dell'elica di perforazione; usualmente D = 600 ÷1200 mm;
- quantità di stabilizzante da introdurre: indipendentemente dal sistema adottato la quantità minima di massa del cemento immesso non dovrà essere inferiore al 10% della massa del terreno secco della colonna trattata; per colonne realizzate con immissione a secco, il cemento potrà essere caricato con sabbia avente dimensione massima minore di 5 mm;
- la resistenza media a espansione laterale libera (qu) di campioni prelevati dalle colonne non dovrà essere inferiore a:
  - 1 N/mm^2 per terreni coesivi;
  - 4 N/mm^2 per terreni incoerenti.

10.7.3.1.5 *Controlli e documentazione*

Per ciascun elemento che verrà eseguito durante il lavoro, contraddistinto con una numerazione progressiva, dovrà essere compilata dall'ESECUTORE una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- n. dell'elemento e data di esecuzione;
- lunghezza della perforazione;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- modalità di esecuzione della perforazione;
- fluido;
- caratteristiche dell'utensile;
- parametri di iniezione:
- n. e caratteristiche degli ugelli;
- velocità di rotazione e di risalita
- pressioni;
- volumi di iniezione;
- caratteristiche e controlli sulla miscela;
- composizione;
- densità;
- viscosità;
- decantazione.

10.7.3.2 Trattamento colonnare con apporto misto (calce-cemento)

a) Perforazione e iniezione

La perforazione dovrà essere eseguita a rotazione mediante un attrezzo perforatore disgregatore composto da un'elica oppure due o tre eliche controrotanti parzialmente compenetrate e singolarmente collegate ad aste cave di lunghezza tale da permettere l'esecuzione della perforazione in una sola fase.

La forma e la lunghezza delle eliche, nonché la loro compenetrazione, debbono essere tali da garantire una completa disgregazione del terreno.

L'estremità inferiore delle eliche dovrà essere munita di uno o più ugelli alimentati a mezzo dell'asta cava, attraverso i quali dovrà essere iniettata, in fase di perforazione, la miscela plastica stabilizzante in modo tale da poter garantire la sua completa omogeneizzazione con il terreno circostante.

b) Compattazione e risalita

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumeriato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Raggiunta la profondità richiesta dovrà essere iniziata la fase di compattazione e di riomogeneizzazione del terreno mediante un'azione di spinta sulle aste e l'inversione dei sensi di rotazione delle eliche durante la risalita.

In questa fase, in dipendenza delle caratteristiche del terreno, potrà essere effettuata un'iniezione supplementare di miscela stabilizzante.

c) Controllo dei parametri

I parametri di lavorazione (velocità di discesa o di risalita, pressione e portata della miscela) in funzione della profondità dovranno essere registrati con un sistema di controllo automatico che dovrà anche consentire di variare i parametri suddetti in funzione delle caratteristiche del terreno.

d) Materiali di consolidamento

In relazione alla natura del terreno, e delle caratteristiche richieste alla colonna del terreno trattato a lavoro finito, si dovrà utilizzare una quantità opportuna di cemento (tipo III, IV o V, Norma EN UNI 197/1a) e/o calce spenta, opportunamente dosati e miscelati con acqua con rapporto massimo ponderale acqua/leganti pari a 0,4. Prima dell'inizio dei lavori dovranno essere redatti gli studi di qualificazione della miscela ottimale da impiegare nell'esecuzione del trattamento e la relativa sperimentazione in apposito campo prove.

Tali studi dovranno far riferimento a:

- modulo elastico statico e resistenza al taglio del materiale costituente le colonna consolidata in relazione al tempo di maturazione determinati su provini o carote prelevate in sito;
- massa volumica del terreno prima e a seguito del trattamento.

e) Caratteristiche finali

Le FERROVIE controlleranno il comportamento globale della miscela terreno-leganti dopo sei mesi e dopo un anno dalla posa in opera, mediante misurazione delle caratteristiche meccaniche (resistenza a trazione indiretta, modulo elastico e resistenza a compressione) su campioni prelevati con carotaggio in almeno due colonne ogni 100 realizzate da confrontare con i parametri di riferimento determinati a seguito dello studio preliminare della miscela e dall'esecuzione del campo prove.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumeriato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

10.7.4 TRATTAMENTI COLONNARI CON MISCELE CATALIZZATE

Sono dei trattamenti colonnari del terreno, di qualsiasi lunghezza, ottenuti mediante infissione di un tubo forma munito di punta apribile rivestita e successivamente riempimento con opportuna miscela costituita da aggregati, loppa d'altoforno, catalizzatore a base di calce, gesso e acqua, miscelati in impianto centralizzato a produzione continua con dosatori a volume e/o a massa.

10.7.4.1 Caratteristiche dei materiali da impiegare

a) Aggregato base, rispondente alle norme UNI 8520 - parte 2a, dovrà essere costituito da materiali provenienti da cava o da frantumazione, miscelati in percentuali tali da ottenere una curva granulometrica continua e aventi le seguenti caratteristiche:

- dimensione degli elementi compresa tra 0 e 7 mm, con eventuale presenza di una frazione di ghiaietto (15/20 mm). Gli elementi non dovranno avere forma appiattita, allungata o lenticolare;
- perdita in massa alla prova Los Angeles, eseguita sulla pezzatura grossa dell'aggregato, secondo la norma UNI 8520 parte 19a, inferiore al 40%;
- bassa plasticità, elementi generalmente puliti, aventi un equivalente in sabbia (UNI 8520 parte 15a) di almeno 30;
- assenza di sostanze organiche (UNI 8520 parte 14a).

b) Aggregato correttivo della granulometria, rispondente alle norme CNR - UNI 10006 e CNR-BU n. 139, dovrà essere di norma ricavato da frantumazione di rocce calcaree dure, a tessitura superficiale granulosa; dovrà essere aggiunto in misura variabile all'aggregato base nei casi in cui la curva granulometrica di quest'ultimo risulti discontinua; qualora l'aggregato correttivo non abbia una sufficiente percentuale di fino si dovrà prevedere l'uso del filler;

c) Legante: dovrà essere impiegata loppa d'altoforno di recente produzione, nella misura compresa tra il 10 - 15% della massa totale della miscela. La loppa, inizialmente granulata (da 0÷3 a 0÷5 mm), dovrà presentarsi, dopo la frantumazione, come una sabbia (0÷2 mm) e tale da garantire un passante al setaccio 0,075 UNI non superiore al 10%,

d) Catalizzatore di Presa: da mescolare in misura dell'uno per cento della massa secca della miscela, dovrà essere costituito principalmente da calce in opportune proporzioni. L'ESECUTORE dovrà proporre alle FERROVIE il catalizzatore più adatto alla natura chimica dei costituenti la miscela;

e) Acqua: dovrà essere esente da oli, acidi, alcali, materia organica superiore allo 0,2% e da qualsiasi altra sostanza nociva; la quantità di acqua nella miscela dovrà essere quella corrispondente all'umidità ottimale di costipamento, suscettibile di una variazione compresa tra -1% e + 3% della massa della

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

miscela; all'acqua d'impasto potrà essere aggiunto, in particolari condizioni climatiche o di posa in opera e su richiesta delle FERROVIE, un accelerante di presa.

Il Progettista dovrà presentare alle FERROVIE, per preventiva accettazione, lo studio della miscela catalizzata che intende porre in opera, nonchè le verifiche strutturali atte a dimostrare l'idoneità della maglia planimetrica di colonne in funzione dei parametri di resistenza e deformabilità caratteristici del terreno costituente l'intorno.

Lo studio della miscela catalizzata dovrà essere comunque tale da garantire alla stessa i seguenti parametri meccanici minimi:

- Rt (resistenza a trazione indiretta) : 0.5 N/mm^2;
- Rc (resistenza a compressione): 4.0 N/mm^2;
- E (modulo di deformazione statico): 1.5 kN/mm^2.

Tali valori minimi sono riferiti a sei mesi di maturazione a temperatura costante di 20°C corrispondenti, convenzionalmente, a un anno di maturazione della miscela in opera.

Ai fini dei controlli del comportamento globale della miscela catalizzata, lo studio della miscela stesa dovrà fornire indicazioni sull'evoluzione dei parametri meccanici minimi utilizzati nella progettazione, con particolare riferimento a quelli ottenibili alle scadenze di sei mesi e un anno di maturazione della miscela in opera.

10.7.4.2 Confezionamento della miscela

L'impianto di miscelazione dovrà essere di tipo continuo, centralizzato, con dosatura a volume e/o a massa degli aggregati, della loppa e dell'acqua; la dosatura del catalizzatore e dell'eventuale filler dovrà essere realizzata con coclea alimentata da sili a velocità opportunamente regolata e di adeguato grado di precisione.

La dosatura effettiva degli aggregati, delle scorie e del catalizzatore dovrà essere realizzata con precisione del 3%.

Le tarature dovranno essere effettuate all'inizio del lavoro e successivamente verificate al termine di ogni settimana di lavoro.

La dosatura effettiva dell'acqua dovrà tenere conto del contenuto di umidità proprio dei componenti la miscela e dovrà essere funzione delle condizioni climatiche che si potranno verificare sul luogo di confezionamento e della posa in opera; tale dosatura dovrà avvenire con la precisione del 2%.

I dispositivi di misura di tutti i componenti la miscela dovranno essere di tipo individuale.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Nel caso in cui lo studio della miscela preveda la loppa macinata, l'impianto sopra descritto dovrà essere corredato da un mulino centrifugo equipaggiato da una tramoggia d'alimentazione e nastro per l'accumulo.

La produzione e la posa in opera della miscela catalizzata dovrà essere sospesa nel caso che la temperatura scenda al di sotto di 5 °C, salvo diverse disposizioni che le FERROVIE potranno dare volta per volta, prescrivendo, in tal caso, le norme e gli accorgimenti cautelativi da adottare.

Le FERROVIEpotranno, ogni qualvolta lo riterranno opportuno e con frequenza prefissata, controllare la dosatura effettiva all'atto della sua confezione; la dosatura dei singoli componenti dovrà risultare conforme a quella indicata nello studio.

10.7.4.3 Controllo delle lavorazioni e delle caratteristiche finali del materiale

L'ESECUTORE sarà tenuto a eseguire il controllo delle caratteristiche fisico-chimiche dei leganti e della granulometria degli aggregati nonché quelle della miscela risultante per ciascuna fornitura in cantiere, verificando la rispondenza con i fusi granulometrici e fisico-chimici forniti nello studio preliminare della miscela. In particolare in corso d'opera si dovrà eseguire una granulometria completa di tutti i componenti e una determinazione delle caratteristiche fisico-chimiche dei leganti almeno ogni 300 colonne realizzate.

L'ESECUTORE dovrà riassumere settimanalmente i controlli effettuati in una relazione da presentare alle FERROVIE, nei tempi e modi che verranno concordati all'atto della presentazione del programma esecutivo `dei lavori.

Le FERROVIE controlleranno il comportamento globale della miscela catalizzata dopo sei mesi e dopo un anno dalla posa in opera, mediante misurazione delle caratteristiche meccaniche (resistenza a trazione indiretta, modulo elastico e resistenza a compressione) su campioni prelevati con carotaggio, per ogni diamentro, di almeno una colonna ogni 200 realizzate, da confrontare con i parametri di riferimento determinati con lo studio preliminare della miscela.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumeriato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

10.8 INIEZIONI

10.8.1 DEFINIZIONI

Per quanto non espressamente riportato in questo capitolato si rimanda alla norma UNI EN 12715.

Le iniezioni costituiscono una tecnica atta a modificare le caratteristiche meccaniche (resistenza e deformabilità) e le caratteristiche idrauliche (permeabilità) di terreni porosi e di rocce fessurate o fratturate, o aventi cavità di varie dimensioni, per effetto dell'immissione di idonee miscele, attraverso fori di piccolo diametro.

Tali miscele sono dei fluidi (sospensioni, soluzioni, emulsioni) dotati di proprietà reologiche evolutive e non evolutive inizialmente idonee alla penetrazione nel mezzo poroso o fratturato, e che raggiungono in seguito le caratteristiche meccaniche adeguate agli scopi del trattamento.

I terreni iniettabili comprendono i terreni alluvionali o detritici, fino a un certo limite di permeabilità (dalle ghiaie alle sabbie fini) e le rocce (da carsiche a microfessurate).

I trattamenti si definiscono di:

- impregnazione, quando tendono a riempire i vuoti dei terreni sciolti porosi;
- intasamento, quando tendono a riempire fratture o cavità della roccia;
- ricompressione, quando tendono a formare, nei terreni fini, un reticolo di lenti resistenti e scarsamente deformabili ottenuto per fratturazione idraulica (claquage).

Di norma le iniezioni vengono effettuate mediante l'utilizzo di miscele cementizie alle quali si riferiscono le seguenti prescrizioni. Prescrizioni relative ad iniezioni con materiali diversi di origine chimica quali ad esempio: soluzioni colloidali, resine poliuretaniche o organo-minerali, silicati ecc. saranno oggetti di specifici capitolati.

I procedimenti di iniezione dovranno essere definiti e applicati in modo da evitare sollecitazioni ed effetti secondari su opere vicine.

10.8.2 PROVE TECNOLOGICHE PRELIMINARI

L'idoneità delle miscele e delle modalità esecutive, gli effetti indotti nel terreno e l'accertamento dell'uniformità delle caratteristiche meccaniche del terreno consolidato dovranno essere verificate mediante l'esecuzione di prove preliminari.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

10.8.3 TOLLERANZE

I fori di iniezione dovranno essere realizzati nella posizione e con le inclinazioni di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto:

- coordinate plano-altimetriche: ±10 cm;
- scostamento dall'asse teorico: ± 1 %;
- lunghezza: ±15 cm.

10.8.4 MATERIALI

Il cemento impiegato dovrà essere scelto in relazione alle esigenze di penetrabilità e alle caratteristiche ambientali considerando, in particolare, l'aggressività dell'ambiente esterno in analogia a quanto riportato nel paragrafo10.6.2.

Si dovrà utilizzare acqua non inquinata da materie organiche o comunque dannose all'idratazione dei leganti utilizzati.

E' ammesso l'uso di additivi stabilizzanti, disperdenti e/o fluidificanti.

Le schede tecniche dei prodotti commerciali che l'ESECUTORE proporrà di usare dovranno essere consegnate alle FERROVIE per opportuna informazione prima dell'inizio dei lavori.

10.8.4.1 Miscele cementizie normali

10.8.4.1.1 *Dosaggi*

Di norma le miscele cementizie di iniezione dovranno essere preparate eventualmente con impiego di additivi stabilizzanti e fluidificanti ed i rapporti acqua/ cemento e cemento/bentonite contenuti nel seguente range:

- per i trattamenti di impregnazione: rapporto acqua/cemento=1÷2% – rapporto bentonite/cemento =1÷3%
- per i trattamenti di intasamento in rocce fessurate: rapporto acqua/cemento 0.6÷1.5%
- per i trattamenti di ricompressione: rapporto acqua/cemento=0.5÷1.2% – rapporto bentonite/cemento =1÷3% .

10.8.4.1.2 *Caratteristiche reologiche*

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Le miscele cementizie dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- viscosità Marsh: 35÷45 secondi (ugello di 4,7 mm) per cementi normali;
- viscosità apparente: 1,0 ÷ 2,0 MPa*s;
- rendimento volumetrico (per miscele stabili): superiore al 95%.

10.8.4.2 Miscele con cementi microfini

10.8.4.2.1 *Caratteristiche dei cementi e dosaggi*

I cementi microfini dovranno essere ottenuti a seguito di processi di produzione tali da aumentare la loro finezza fino a valori dell'ordine di 8500 -12000 cm^2/g.

I processi di macinazione e separazione dovranno quindi consentire di ottenere un fuso granulometrico delle particelle solide presenti nella sospensione caratterizzato dai seguenti valori:

- D_{98}: compreso tra 10 e 20 micron;
- D_{90}: compreso tra 3 e 5 micron.

La granulometria dovrà essere determinata con porosimetri a mercurio o apparecchiature di equivalente precisione.

Il rapporto cemento/acqua, in relazione ai campi di impiego, potrà variare tra 0.5 e 0.6.

Sarà ammesso l'impiego di eventuali additivi disperdenti e fluidificanti inorganici.

10.8.4.2.2 *Caratteristiche reologiche*

Le miscele con cementi microfini dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- viscosità Marsh: 27 - 30 secondi (ugello di 4,7 mm);
- rendimento volumetrico: superiore al 95%.

10.8.4.3 Controlli e documentazione

Le miscele confezionate in cantiere dovranno essere sottoposte giornalmente ai seguenti controlli, relativi a:

- massa volumica;
- viscosità Marsh;
- decantazione e resa volumetrica;
- viscosità apparente (Rheometer);
- pressofiltrazione;
- tempo di presa;
- prelievo di campioni per prove di permeabilità e di compressione.

I valori misurati dovranno essere regolarmente riportati in un registro, da conservare in cantiere, che le FERROVIE vidimeranno nel corso dei controlli di accettazione.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

10.8.5 MODALITA' ESECUTIVE

10.8.5.1 Perforazione

La perforazione dovrà essere eseguita mediante sonda a rotazione o rotopercussione con circolazione inversa di fluidi, fino a raggiungere la profondità di progetto. Il diametro non dovrà essere di norma superiore a 160 mm. Nel caso di fori stabili,comead esempio in rocce non eccessivamente fratturate, il rivestimento potrà essere in parte o del tutto omesso.

Per la circolazione del fluido di perforazione dovranno essere utilizzate pompe a pistoni con portate e pressioni adeguate.

I fluidi di perforazione potranno essere costituiti da:

- acqua;
- fanghi bentonitici o cementizi;
- aria, nel caso di perforazione a rotopercussione con martello a fondo foro, o in altri casi proposti dall'ESECUTORE.

10.8.5.2 Allestimento dei fori di iniezione

Completata la perforazione si dovrà provvedere a rimuovere i detriti presenti nel foro o in sospensione nel fluido di perforazione, prolungando la circolazione del fluido stesso fino alla sua completa chiarificazione.

S'inserirà quindi la canna di iniezione, in PVC, vetroresina o metallo avente diametro di 1+½" ÷ 2", munita di valvole di non ritorno del tipo a "manchettes", fino a raggiungere la profondità di progetto. Numero e passo delle valvole dovranno essere conformi a quanto indicato in progetto.

La canna valvolata dovrà essere prolungata fino a fuoriuscire a boccaforo per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezione. Non appena completata la posa in opera del tubo valvolato di iniezione, si procederà immediatamente alla cementazione del foro (iniezione di "guaina"), iniettando attraverso la valvola più profonda un quantitativo di miscela sufficiente a riempire l'intercapedine tra le pareti del foro e la canna stessa. Contemporaneamente si procederà alla estrazione dei rivestimenti provvisori, quando utilizzati, e si effettueranno i necessari rabbocchi di miscela cementizia. In alternativa, per fori non rivestiti si potrà realizzare dapprima la guaina, facendo circolare miscela attraverso le aste di perforazione, e quindi si dovrà inserire la canna di iniezione.

Per la realizzazione della guaina sarà usualmente utilizzata una miscela cementizia con rapporti acqua/cemento e bentonite/cemento più elevati rispetto alla miscela di iniezione per favorirne la rottura in fase di iniezione.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Completata l'iniezione di guaina si dovrà procedere al lavaggio, con acqua, del cavo interno della canna.

10.8.5.3 Preparazione delle miscele

Le miscele dovranno essere confezionate utilizzando impianti a funzionamento automatico o semi-automatico, costituiti dai seguenti principali componenti:

- bilance elettroniche per componenti solidi;
- vasca volumetrica per acqua;
- mescolatore primario a elevata turbolenza, min 1500 giri/min.;
- vasca di agitazione secondaria e dosatori volumetrici.

Successivamente all'impianto del cantiere e prima dell'inizio delle lavorazioni dovrà essere eseguita la taratura delle bilance per i componenti solidi.

A valle degli impianti di produzione dovranno essere disposti gli iniettori, in numero sufficiente ad alimentare i vari fori di iniezione contemporaneamente utilizzati.

Gli iniettori dovranno essere costituiti da pompe oleodinamiche a pistoni aventi le seguenti caratteristiche minime:

- pressione di iniezione: maggiore o uguale a 10 MPa;
- portata: 2 ÷ 4 m^3/ora;
- n. maxpistonate/minuto maggiore o uguale a 60.

Le caratteristiche delle attrezzature che si prevederà di utilizzare dovranno essere comunicate alle FERROVIE prima dell'inizio dei lavori.

10.8.5.4 Iniezione

Il sistema di iniezione dovrà registrare e controllare in modo automatizzato ed in continuo i parametri principali di iniezione (pressione, volume e portata).

Trascorso un periodo di 24 ÷ 36 ore dalla formazione della guaina si dovrà procedere alla esecuzione delle iniezioni selettive, a pressioni e volumi controllati, in conformità alle indicazioni di progetto.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Preventivamente all'iniezione di ogni foro dovranno essere valutate le perdite di carico della linea, misurando la pressione necessaria alla fuoriuscita della miscela con l'iniettore posizionato alla stessa altezza dal suolo del foro. In alternativa in galleria si potrà valutare la perdita di carico ad una quota stabilita e aggiornare la pressione di iniezione sommando alla pressione di progetto la differenza di altezza tra boccaforo e quota di prova.

Tale dato dovrà essere riportato nelle schede di iniezione relative ad ogni valvola.

10.8.5.4.1 *Trattamento di impregnazione*

Si dovrà procedere valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione.

Ottenuta l'apertura della valvola, si dovrà realizzare l'iniezione a pressione fino a ottenere i valori dei volumi di assorbimento e/o di pressione prescritti in progetto.

Per pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito.

Nei trattamenti di impregnazione l'iniezione dovrà essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min, e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage).

La distanza minima tra due fori iniettati contemporaneamente dovrà essere determinata in relazione alle pressioni di iniezione in modo da non provocare indesiderati inconvenienti, quali sollevamenti nelle adiacenze o comunicazioni tra fori o colonne vicine, non ancora indurite.

A tal fine l'ESECUTORE sulla base anche delle prove preliminari, dovrà studiare e `indicare la corretta sequenza di esecuzione.

Nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione, la valvola dovrà essere nuovamente iniettata trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore.

Fino a quando le operazioni di iniezione non saranno concluse, al termine di ogni fase si dovrà procedere al lavaggio interno del tubo d'armatura.

10.8.5.4.2 *Trattamenti di intasamento*

Ove espressamente previsto dal progettista e autorizzato dalle FERROVIE, le iniezioni potranno essere realizzate anche in fase unica, in risalita o in avanzamento, attraverso le aste di perforazione.

10.8.5.4.3 *Trattamenti di ricompressione*

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Verificata l'esatta ubicazione delle valvole, si inizieranno le iniezioni utilizzando portate e pressioni atte a produrre la fratturazione idraulica del terreno, registrando opportunamente la pressione di picco e la successiva pressione di alimentazione della frattura.

L'iniezione dovrà essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 10 l/min.

L'iniezione dovrà essere arrestata al raggiungimento dei previsti volumi di assorbimento di miscela cementizia.

10.8.5.5 Controlli e documentazione

Per ogni foro eseguito e iniettato l'ESECUTORE dovrà fornire una scheda in formato cartaceo e per i dati relativi all'iniezione anche in formato elettronico contenente le seguenti indicazioni:

- n. del foro e data di esecuzione;
- lunghezza della perforazione;
- modalità di esecuzione della perforazione;
- utensile;
- fluido;
- rivestimenti;
- caratteristiche della canna di iniezione (n., passo e posizione delle valvole);
- volume dell'iniezione di guaina;
- tabelle delle iniezioni selettive indicanti per ogni valvola e per ogni fase:
- data;
- pressioni di apertura;
- volumi di assorbimento;
- pressioni raggiunte;
- il valore di perdita di carico della linea di iniezione;
- caratteristiche della miscela utilizzata.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

10.9 DRENI

10.9.1 DEFINIZIONI

I dreni hanno la funzione di realizzare nel terreno dei percorsi preferenziali per la raccolta e il convogliamento delle acque e, di conseguenza, modificare il regime delle pressioni interstiziali.

Gli scopi sono sostanzialmente due:

- favorire nei terreni coesivi normalmente consolidati i processi di consolidamento sotto carico, accelerando il decorso dei relativi cedimenti;
- abbattere il livello piezometrico della falda, per favorire la stabilità di scarpate naturali o artificiali, i fronti di scavo di gallerie, etc..

Le caratteristiche dei dreni per quanto concerne tipologia, interasse, lunghezza, diametro e disposizione dovranno essere definite nella fase progettuale. L'ESECUTORE dovrà realizzare i dreni con le caratteristiche prescritte da progetto., sottoponendo preventivamente alle FERROVIE, per giustificati motivi, eventuali proposte di variazione rispetto alle caratteristiche prefissate, che dovranno comunque essere tali da garantire le medesime capacità e funzionalità di progetto.

I dreni sono identificati dalle seguenti tipologie esecutive:

a) dreni verticali prefabbricati;

b) dreni in sabbia;

c) microdreni;

d) trincee drenanti;

e) pozzi drenanti.

a) Dreni verticali prefabbricati

Sono dreni prefabbricati industrialmente, costituiti da nastri flessibili e arrotolabili nei quali esiste un involucro filtrante plastico, cartaceo o in materiali similari avvolto intorno a un elemento di irrobustimento centrale, sempre in materiale plastico o affine; il nastro può anche essere semplicemente costituito da un unico corpo filtrante in materiale plastico, senza elemento centrale.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumeriato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

I dreni prefabbricati a nastro permettono il flusso dell'acqua presente nel terreno lungo l'asse di sviluppo principale, longitudinale, dell'elemento filtrante. L'inserimento nel terreno del dreno si esegue mediante l'infissione a pressione di un mandrino che viene successivamente estratto, lasciando in sito il dreno, oppure mediante la penetrazione a vibrazione di un tubo di infissione con elemento vibrante in testa, azionato idraulicamente, che trascina il dreno fino alla profondità richiesta per poi rilasciarlo.

b) Dreni in sabbia

I dreni in sabbia comportano la realizzazione di una perforazione di tipo verticale che viene successivamente riempita da sabbia opportunamente graduata in modo da operare come filtro, secondo modalità analoghe a quelle dei dreni prefabbricati.

c) Microdreni

I microdreni sono costituiti da tubi parzialmente o totalmente filtranti inseriti in fori appositamente realizzati nel terreno mediante sonde di perforazione.

I microdreni possono avere lunghezza variabile ed essere inclinati fino alla quasi orizzontalità, a seconda dello scopo per cui il progetto ne prevede la installazione.

d) Trincee drenanti

Le trincee drenanti consistono in scavi di sezione prestabilita, riempiti con materiale arido permeabile, di granulometria selezionata.

Le trincee vengono di norma eseguite lungo le linee di massima pendenza delle scarpate da proteggere.

La loro profondità può variare da 4-5 m a 10-15 m, per cui le attrezzature di scavo dovranno essere prescelte in base alle esigenze progettuali e alle loro effettive capacità operative.

Il fondo dello scavo dovrà essere adeguatamente impermeabilizzato, mediante posa di canalette in elementi prefabbricati in c.a. oppure impregnando con bitume il corrispondente tratto dei geotessili impiegati per rivestire le pareti dello scavo.

e) Pozzi drenanti

I pozzi drenanti sono utilizzati negli interventi di consolidamento di scarpate instabili, allo scopo di intercettare le acque di falda sino a grande profondità. L'intervento consiste nella realizzazione di batterie di pozzi di diametro generalmente compreso fra 1,2 e 2,0 m, a interasse variabile fra 6 e 10 m circa, filtranti su tutto il mantello, reciprocamente collegati sul fondo con uno o più collettori di raccolta e scarico.

Le acque di drenaggio vengono smaltite per gravità, realizzando i collettori di fondo con una pendenza non inferiore al 2%.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

10.9.2 MODALITA ESECUTIVE

10.9.2.1 Dreni verticali prefabbricati

a) Caratteristiche dei nastri prefabbricati

Il nastro drenante prefabbricato dovrà avere caratteristiche rese note dalla certificazione ufficiale del Produttore, trasmesse alle FERROVIE e approvate dalle medesime prima dell'inizio dei lavori. Saranno ammessi nastri con involucro filtrante in tessuto non tessuto o carta con anima in PVC, polietilene o polipropilene, oppure nastri in cui anima e involucro siano ugualmente costituiti da materiali plastici.

In ogni caso, i nastri prefabbricati dovranno garantire una durata nel tempo adeguata alle necessità di progetto e in ogni caso non inferiore a 3 anni di esercizio, una portata di scarico assiale non inferiore a 100 m^3/anno (con gradiente idraulico unitario e con l'applicazione all'involucro filtrante di una pressione normale totale pari a 3 MPa) e un coefficiente di permeabilità trasversale dell'involucro filtrante di almeno 2 x 10^{-2}cm/s.

b) Attrezzatura di infissione

Si dovranno utilizzare attrezzature di infissione a pressione o vibrazione montate su torre con guide di scorrimento in grado di raggiungere, con il mandrino od i tubi di infissione, la profondità prescritta dal progetto nel contesto stratigrafico locale.

Le caratteristiche delle attrezzature di infissione dovranno essere comunicate alle FERROVIE prima dell'inizio dei lavori. Qualora motivato dalla necessità di superamento di strati o livelli di particolare resistenza si potrà ricorrere a prefori eseguiti con sonda a rotazione o rotopercussione.

Il mandrino o la tubazione di infissione dovrà avere sezione trasversale ridotta al minimo indispensabile per garantire la necessaria resistenza.

Il dreno dovrà essere connesso all'utensile di infissione con un elemento a perdere, in grado di garantire il sicuro vincolo del dreno all'utensile durante l'inserimento e l'ancoraggio del dreno al terreno all'atto del ritiro del mandrino o della tubazione a profondità di progetto raggiunta.

c) Lavori preparatori dell'infissione

Prima di procedere all'installazione dei dreni, l'ESECUTORE dovrà provvedere alla completa asportazione del terreno vegetale dall'area di lavoro, regolarizzando la superficie e coprendola con uno strato di sabbia perfettamente pulita, dello spessore di 50÷80 cm, avente fuso granulometrico corrispondente a quello di una sabbia medio - grossa, con percentuale di passante al vaglio da 0,075 mm non superiore al 2%.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

I punti di infissione dei dreni dovranno essere materializzati sul terreno mediante picchetti o punti di riferimento riconoscibili.

Le attrezzature dovranno operare da un piano di lavoro adeguatamente stabile e tale da escludere variazioni di assetto delle stesse durante le operazioni di infissione.

d) Installazione

L'infissione dei dreni dovrà avvenire a pressione o mediante vibrazione con modalità tali, per quanto concerne la massima pressione e la velocità di penetrazione, da prevenire la rottura dei nastri prefabbricati o il mancato raggiungimento della profondità di progetto.

e) Controlli e documentazione

La effettiva lunghezza installata dovrà essere annotata su un'apposita scheda per ciascun dreno con l'indicazione di eventuali difficoltà riscontrate.

La discordanza dalla posizione planimetrica di progetto non dovrà essere superiore a 10 cm.

10.9.2.2 Dreni in sabbia

a) Caratteristiche della sabbia drenante

Il materiale granulare utilizzato per il riempimento del foro dovrà avere granulometria conforme al fuso definito dal progetto.

Qualora non definito espressamente dal progetto, il fuso granulometrico di riferimento dovrà risultare come riportato nella tabella seguente:

Tabella 10.9.1

APERTURA VAGLIO UNI (mm)	PASSANTE%	
	MIN.	MAX.
0,075	0	2
0,40	0	10
2,00	15	45

5,00	35	75
10,00	70	100

b) Attrezzatura

L'ESECUTORE dovrà comunicare alle FERROVIE, prima dell'inizio delle attività, le caratteristiche delle attrezzature che intende utilizzare.

Saranno ammesse attrezzature di perforazione nelle quali l'avanzamento dell'utensile e la disgregazione del terreno, che viene asportato dal foro, sono realizzate mediante l'energia dinamica dell'acqua, attrezzature di perforazione a elica o attrezzature con caratteristiche diverse ma preventivamente approvate dalle FERROVIE.

In ogni caso, le attrezzature dovranno garantire il raggiungimento delle profondità prescritte dal progetto relativamente al diametro e dovranno permettere la realizzazione dei dreni senza rischi di interruzione della continuità del fusto in sabbia.

c) Lavori preparatori dell'infissione

Prima di procedere alla perforazione dei dreni, l'ESECUTORE dovrà provvedere alla completa asportazione del terreno vegetale dall'area di lavoro, regolarizzando la superficie e coprendola con uno strato di materiale granulare pulito, dello spessore di 50÷80 cm.

I punti di perforazione dei dreni dovranno essere materializzati sul terreno mediante picchetti o punti di riferimento riconoscibili.

d) Perforazione e riempimento dei fori

Le perforazioni dovranno essere eseguite con modalità tali da garantire profondità, diametro e continuità del foro, che non dovrà subire alcun collasso parziale o chiusura.

Nel caso di impiego di tecniche con disgregazione idraulica del terreno, il foro dovrà essere sempre mantenuto pieno di acqua, per prevenire i danni conseguenti al mancato sostentamento delle pareti del foro per effetto della controspinta idrostatica.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumeriato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Non è ammesso l'impiego di fluidi di perforazione diversi dall'acqua che dovrà essere priva di additivi, se non perfettamente biodegradabili in 20÷40 ore.

Il riempimento dei fori con sabbia dovrà essere eseguito dal basso a risalire, iniziando da fondo foro, mediante il convogliamento della sabbia con tubazioni che, nel caso di perforazione con elica, potranno essere costituite dallo spazio anulare cavo interno alle stesse eliche, da ritirare progressivamente con il procedere del riempimento.

A riempimento eseguito, il tratto sommitale di materiale granulare inquinato dai materiali provenienti dalla perforazione dovrà essere asportato, condotto a discarica e sostituito con nuovo materiale drenante approvato, fino a realizzare un materasso drenante sommitale di spessore e caratteristiche conformi al progetto.

e) Controlli e documentazione

L'ESECUTORE annoterà su di un'apposita scheda la profondità raggiunta in ogni foro, il quantitativo di sabbia immessa ed eventuali problemi riscontrati.

La discordanza dalla posizione planimetrica di progetto non dovrà essere superiore a 10 cm.

10.9.2.3 Microdreni - Tubi drenanti microfessurati in galleria

10.9.2.3.1 *Caratteristiche dei tubi filtranti*

Il tubo filtrante dovrà avere caratteristiche (diametro, lunghezza e apertura della fessurazione) definite dal progettista in relazione al tipo di terreno nel quale viene inserito.

Il materiale costituente dovrà essere plastico non alterabile, con spessore e resistenza tali da garantire la corretta posa in opera nelle specifiche condizioni del sito e di ciascuna operazione.

Qualora non diversamente prescritto e motivato dal progettista, lo spessore del tubo non dovrà essere inferiore a 4 mm, l'apertura della finestratura di 0.5- 1.0 mm e il diametro esterno non inferiore a 50 mm.

Il tratto cieco dovrà avere diametro interno uguale a quello del tratto finestrato.

La parte terminale dei tubi di ciascun dreno, per una lunghezza di almeno 5 m, dovrà essere sufficientemente resistente da non subire danni o deformazioni significative, una volta in opera, in conseguenza anche di un eventuale congelamento dell'acqua in esso contenuta.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

10.9.2.3.2 *Attrezzatura*

L'attrezzatura di perforazione dovrà essere costituita da una sonda di adeguata potenza, a rotazione o rotopercussione.

Le tubazioni del rivestimento provvisorio dovranno garantire il sostentamento delle pareti del foro anche nelle condizioni di perforazione più gravose, permettendo in ogni caso l'installazione dei dreni.

Il diametro interno del rivestimento non dovrà superare di oltre 30 mm quello esterno dei tubi drenanti da inserire.

10.9.2.3.3 *Perforazione*

La perforazione dovrà essere condotta con modalità approvate dalle FERROVIE e a diametro costante, non inferiore a 90 mm, per tutto il foro con eventuali maggiorazioni di tale diametro in corrispondenza del tratto equipaggiato con tubazione cieca, qualora ritenuto utile o necessario per il raggiungimento della profondità richiesta.

La perforazione dovrà sempre essere effettuata a secco accompagnata da rivestimento provvisorio senza impiego di fluidi diversi da acqua, eventualmente additivata con polimeri biodegradabili in 20÷40 ore.

E' ammesso uno scostamento massimo dell'asse teorico non superiore al 3%. Al termine della perforazione il foro dovrà essere energicamente lavato con acqua pulita.

Si dovrà evitare, se non altrimenti approvato, di perforare contemporaneamente dreni a interasse inferiore a 10 m.

10.9.2.3.4 *Installazione*

Il dreno dovrà essere inserito nell'interno del rivestimento provvisorio, che dovrà essere solo successivamente estratto.

La bocca del tubo dovrà sporgere di 4÷6 cm dal paramento di boccaforo e dovrà essere protetta da staffe di acciaio sporgenti.

Nel caso di dreni con tratto cieco maggiore di 5 m di lunghezza, il tubo dovrà essere dotato di accessori atti a separare il tratto filtrante da quello cieco mediante cementazione dell'intercapedine tra tubo e parete del foro lungo il tratto cieco.

A questo scopo dovranno essere predisposti:

- valvole a manicotto distanti 100 e 150 cm dal punto di giunzione tra tratto filtrante e tratto cieco;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- un sacco otturatore in tela juta o simili, avente 40 cm di diametro e lunghezza di circa 200 cm, legato alle estremità e disposto a copertura delle valvole, nel tratto più profondo del tubo cieco;
- alcune valvole a manicotto lungo la parte cieca del tubo non occupato dal sacco otturatore.

La cementazione si dovrà eseguire ponendo in opera una miscela cementizia, mediante un condotto di iniezione munito di doppio otturatore, subito dopo l'estrazione del rivestimento provvisorio.

Le modalità esecutive per la cementazione dovranno essere le seguenti:

- posizionamento del sacco otturatore in corrispondenza della valvola inferiore;
- iniezione di un volume di miscela corrispondente al volume del sacco otturatore completamente espanso, con una pressione di iniezione alla quota della valvola compresa tra 0,2 H e un prudenziale margine rispetto alla pressione che procura la lacerazione e la sfilatura del tubolare dalle sue legature alle estremità (H equivale alla differenza di quota tra valvola inferiore e boccaforo);
- spostamento del doppio otturatore sulla valvola appena sopra il sacco otturatore iniettato e riempimento con miscela in pressione fino al suo rifluimento a bocca foro.

Il tratto filtrante dovrà di norma essere rivestito con un foglio di geotessile non tessuto avente caratteristiche rispondenti alla norma UNI EN 13252 -2014.

10.9.2.3.5 *Lavaggio e manutenzione dei dreni*

Ultimate le operazioni di installazione e eventuale cementazione dei tubi, il dreno dovrà essere lavato con acqua mediante una lancia con tratto terminale metallico dotato di ugelli per la fuoriuscita radiale del liquido; la lancia dovrà scorrere entro il tubo grazie a dei pallini opportunamente disposti e tali da prevenire ogni danneggiamento del dreno.

Il lavaggio dovrà essere eseguito a partire dal fondo del dreno risalendo a giorno in forma graduale e progressiva dopo aver osservato la fuoriuscita di acqua limpida da bocca foro.

Il lavaggio dovrà essere ripetuto fino a quando non sarà stato realizzato un filtro rovescio naturale nel terreno circostante il dreno, in modo tale da assicurare che nella fase di esercizio il drenaggio delle acque non sia accompagnato da fenomeni di trasporto solido.

A installazione e lavaggio avvenuti, ogni dreno dovrà essere mantenuto in modo da permettere l'accesso alla bocca per periodiche ispezioni e per misure della portata emunta.

10.9.2.3.6 *Documentazione e controlli*

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Per ogni dreno installato l'ESECUTORE dovrà compilare un'apposita scheda contenente le seguenti informazioni:

- identificazione;
- caratteristiche dimensionali del foro realizzato e del dreno installato;
- schema geometrico dell'installazione e dell'eventuale cementazione;
- risultati visivi del lavaggio.

La discordanza planimetrica dalla posizione di progetto non dovrà essere superiore a 10 cm.

Con frequenza stabilita dalle FERROVIE si dovrà misurare anche:

- la portata emunta;
- la misura della frazione solida in sospensione.

10.9.2.4 Trincee drenanti

a) Attrezzature e procedimenti di scavo

Per trincee di modesta profondità è possibile utilizzare degli escavatori a braccio rovescio, con benna a cucchiaio. In tal caso lo scavo procederà con continuità e le operazioni di posa dei geotessili e del materiale di riempimento dovranno essere effettuate a seguire.

Per l'esecuzione di trincee drenanti profonde dovranno essere utilizzate le attrezzature e le tecniche di scavo dei diaframmi.

Lo scavo della trincea dovrà essere necessariamente eseguito a secco provvedendo al suo immediato riempimento con il materiale drenante. Nei casi in cui la coesione del terreno non sia tale da garantire la stabilità dello scavo, potranno essere utilizzati fanghi biodegradabili.

In alternativa si realizzeranno schermi costituiti da pozzi drenanti.

Lo scavo delle trincee drenanti profonde dovrà essere condotto per pannelli successivi, eseguiti utilizzando una benna mordente il cui spessore nominale dovrà corrispondere allo spessore di progetto della trincea.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Per consentire lo scavo di pannelli adiacenti a quelli già riempiti con il materiale drenante, senza che questo frani, dovranno essere utilizzati dei tubi-spalla opportunamente immorsati nel terreno e ancorati in testa.

b) Geotessili

Le pareti dello scavo dovranno essere di norma rivestite con un foglio di geotessile le cui caratteristiche dovranno essere stabilite dal progettista in relazione alla granulometria del terreno naturale e del materiale di riempimento. In ogni caso il geotessile dovrà avere tutte le caratteristiche descritte nella Sezione 5 “Opere in terra e scavi” del presente Capitolato.

I vari fogli di geotessile dovranno essere cuciti tra foro e foro per formare il rivestimento del drenaggio. Qualora la cucitura non venga effettuata, la sovrapposizione dei fogli dovrà essere di almeno 50 cm.

La parte inferiore del geotessile, a contatto con il fondo della trincea e per un'altezza di almeno 30 cm sui fianchi dovrà essere impregnata con bitume a caldo o reso fluido con opportuni solventi che non abbiano effetto negativo sulle caratteristiche del geotessile.

Tale impregnazione potrà essere eseguita prima della posa sul fondo del geotessile o, per trincee poco profonde, anche dopo la sua sistemazione in opera.

Si dovrà prevedere la fuoriuscita di una quantità di geotessile sufficiente a una doppia sovrapposizione dello stesso sulla sommità del drenaggio (2 volte la larghezza della trincea).

c) Riempimento con materiale drenante

Il cavo rivestito dovrà essere immediatamente riempito con materiale drenante, curando in particolare che il geotessile aderisca alle pareti dello scavo.

Si dovrà utilizzare materiale lapideo pulito e vagliato, tondo o di frantumazione, con pezzatura massima non eccedente i 70 mm.

In ogni caso la granulometria del materiale drenante dovrà soddisfare le seguenti condizioni:

- $4\, d_{15} < D_{15} < d_{85;}$
- $D_{60}/D_{15} < 2;$

dove:

d = diametro dei grani del terreno;

D = diametro dell'aggregato.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Il riempimento dovrà essere interrotto a circa 50 cm dal piano campagna. Si dovrà quindi rivoltare i fogli di geotessile e ricoprire il tutto con argilla compattata.

d) Controlli e documentazione

Per ogni pannello scavato l'ESECUTORE dovrà fornire una scheda con indicati:

- profondità;
- volumi scavati;
- volumi di riempimento;
- curva granulometrica degli aggregati;
- risultati delle prove sui materiali.

10.9.2.5 Pozzi drenanti

a) Attrezzature

Per la realizzazione di schermi di pozzi drenanti dovranno essere utilizzate le attrezzature per l'esecuzione di pali trivellati con impiego di tubi di rivestimento provvisorio.

E' tassativamente esclusa la possibilità di impiego di fanghi bentonitici. L'impiego di acqua o di fanghi biodegradabili potrà essere utilizzato,in determinate circostanze, solamente se preventivamente autorizzato dalle FERROVIE.

Per la realizzazione dei collettori di fondo dovranno essere utilizzate sonde a rotazione e/o rotopercussione a manovra corta, montate su telai di forma cilindrica e di diametro compatibile con il diametro dei pozzi.

Le sonde potranno essere a funzionamento automatico, telecomandato o manuale.

Alle sonde dovranno essere asservite attrezzature di servizio integrate, costituite da una gru, motore e centralina idraulica, pompe sommerse per lo svuotamento provvisorio dei pozzi, etc.

Prima dell'inizio dei lavori l'ESECUTORE dovrà trasmettere alle FERROVIE una planimetria con indicati tutti i pozzi drenanti, numerati progressivamente, specificando i previsti allestimenti finali (pozzi drenanti, pozzi ispezionabili, etc.) e la sequenza di esecuzione.

b) Perforazioni

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumeriato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Le batterie di pozzi drenanti con collegamento sul fondo dovranno essere realizzate in due fasi esecutive:

- la prima fase sarà costituita dalla perforazione verticale, da eseguire con modalità e attrezzature convenzionali, con il divieto di utilizzare fanghi bentonitici che, a seguito della formazione del "cake" sulle pareti di scavo, ridurrebbero l'effetto drenante. Dovrà comunque essere limitato anche l'impiego di acqua, allo scopo di non arricchire ulteriormente le falde. In ogni caso, ove possibile, la più corretta procedura esecutiva per la realizzazione dei pozzi consiste nello scavo "a secco" con rivestimento provvisorio del foro;

- la seconda fase di lavoro riguarderà l'esecuzione della trivellazione per il collegamento al fondo mediante una speciale attrezzatura in grado di operare all'interno dei pozzi, impiegando l'utensile più adatto alla natura del terreno da attraversare. Eseguiti i collegamenti, si dovrà procedere all'allestimento definitivo dei pozzi mentre le attrezzature di scavo e perforazione dovranno essere utilizzate per l'esecuzione di un nuovo tratto di batteria. Di norma i lavori dovranno iniziare dal pozzo posto più a valle, in modo da consentire il funzionamento dell'impianto sin dalle prime fasi di lavoro.

c) Esecuzione dei collegamenti tra i pozzi

Prima di effettuare i collegamenti dovranno essere controllati tutti i parametri geometrici delle perforazioni, verticali e orizzontali, allo scopo di assicurare la necessaria precisione plano-altimetrica del collegamento.

L'ESECUTORE dovrà trasmettere alle FERROVIE le modalità di controllo della geometria delle perforazioni.

Completata la trivellazione, si dovrà procedere alla posa in opera del collettore di collegamento che dovrà essere realizzato utilizzando tubi in grado di resistere alle pressioni interne ed esterne e di sopportare elevate deformazioni senza danni.

d) Allestimento definitivo dei pozzi

Sono possibili i seguenti allestimenti:

- pozzi drenanti a tutta sezione;

- pozzi drenanti ispezionabili;

- pozzi drenanti con rivestimento strutturale.

d1) Pozzi drenanti a tutta sezione

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Dopo aver impermeabilizzato il fondo del pozzo si dovrà realizzare il collegamento dei due tubi (di arrivo e di mandata), tramite un tratto adeguatamente fessurato.

Si dovrà eseguire quindi il riempimento con materiale arido pulito provvedendo contemporaneamente all'estrazione del rivestimento provvisorio.

Si dovrà utilizzare di norma un fuso granulometrico compreso fra 2 e 25 mm circa comunque conforme a quanto specificato in progetto.

Per favorire il corretto assestamento della ghiaia potrà essere opportuno facilitarne la discesa mediante l'ausilio di un limitato deflusso di acqua.

Completato il riempimento, si dovrà provvedere alla realizzazione di un tappo superiore di impermeabilizzazione separato dal materiale drenante per mezzo di un feltro di geotessile o una membrana di PVC.

d2) Pozzi ispezionabili

Si tratta di pozzi rivestiti, aventi diametro interno di circa 1,5 m in modo da realizzare una intercapedine, anche tra rivestimento e parete, dello spessore di circa 15 cm.

La presenza del rivestimento definitivo consente in ogni momento di accedere alla tubazione di collegamento per verificarne il normale funzionamento ed eseguire, se necessario, eventuali manutenzioni.

Il mantello drenante di questi pozzi dovrà essere ottenuto tramite il riempimento di questa corona anulare esterna con il materiale granulare arido 2÷25 mm conforme a quanto specificato inprogetto.

Dopo aver eseguito l'impermeabilizzazione del fondo (esterno e interno), si dovrà procedere al riempimento con il materiale drenante posto in opera con opportuni convogliatori.

Realizzato anche il tappo superiore, si dovrà provvedere ad installare all'interno del rivestimento definitivo una scala metallica munita di gabbia di protezione.

Infine dovrà essere posto in opera il chiusino di testa, in cemento armato prefabbricato, munito di botola in ghisa.

d3) Pozzi drenanti strutturali

Si tratta di pozzi aventi diametro di 2 m, il cui mantello drenante, di spessore medio s = 10 cm, è coassiale ed esterno ad un rivestimento in conglomerato cementizio armato di almeno 30 cm di spessore. Esecutivamente il pozzo dovrà essere realizzato inserendo, entro la perforazione di 2 m, due rivestimenti ondulati aventi diametro di 1.2 e 1.8 m, coassiali, al cui interno verrà quindi posizionata l'armatura.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

I due rivestimenti ondulati, il cui spessore (comunque maggiore di 2,7 mm) sarà da dimensionare in base alla profondità del getto di conglomerato cementizio, fungeranno da "cassero a perdere".

Se realizzati in acciaio zincato, essi potranno essere considerati, sotto determinatecondizionistabilite da FERROVIE, collaboranti permanentemente.

Dopo aver posizionato i lamierini e l'armatura si dovrà eseguire il riempimento dell'intercapedine esterna con materiale drenante e quindi il getto di conglomerato cementizio, dopo adeguato puntellamento interno. Le acque di drenaggio dovranno essere raccolte all'interno del pozzo tramite 2÷3 perforazioni radiali nel rivestimento in c.a.. L'allestimento del pozzo dovrà essere infine completato in maniera analoga a quanto previsto per i pozzi ispezionabili (scala, chiusino, botola, etc.).

e) Raccomandazioni particolari

e1) Verifica della profondità ottimale di drenaggio

Dovrà essere attuata mediante l'esecuzione preliminare di alcuni pozzi in posizioni opportunamente prescelte.

Le profondità dei pozzi dovranno infatti essere congrue con l'obiettivo di tenere depressa la falda fino alle profondità previste in progetto e con la necessità di rispettare ovunque le pendenze della condotta di fondo. Sarà opportuno quindi, in via preliminare, verificare localmente la profondità da raggiungere e modificare, se necessario, la posizione della condotta di scarico.

L'ESECUTORE dovrà indicare nella planimetria dell'intervento i pozzi preliminari.

Se approvati dalle FERROVIE, questi pozzi potranno far parte degli schermi drenanti di esercizio.

e2) Esecuzione dei collegamenti

I collegamenti orizzontali dovranno essere eseguiti di norma partendo dai pozzi più in basso, in modo da avere progressivamente attivo il sistema drenante; in caso contrario, si dovranno utilizzare, provvisoriamente, delle pompe di sollevamento.

In genere la pendenza media della condotta di fondo non dovrà essere inferiore al 2%; potrà essere consentita la realizzazione della condotta secondo una disposizione a gradini.

e3) Integrazione del drenaggio

Ove previsto dal progetto, si installeranno dall'interno dei pozzi delle raggiere di tubi microfessurati in PVC. L'importanza di questi microdreni è data dalla possibilità che offrono di incrementare la captazione delle acque in terreni poco permeabili o al contratto tra coltre e substrato.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

e4) Allontanamento definitivo delle acque

Dovrà essere ottenuto mediante il loro recapito dai pozzi terminali a un sistema di canalette superficiali da disporre lungo opportune direttrici.

f) Controlli e documentazione

L'ESECUTORE dovrà provvedere a installare una rete di controllo geotecnico, conforme alle indicazioni di progetto e/o secondo un piano approvato dalle FERROVIE.

Dovrà inoltre provvedere, con le frequenze che saranno concordate con le FERROVIE, al controllo della strumentazione geotecnica integrata con la misurazione periodica delle portate di drenaggio, sia agli scarichi, sia in corrispondenza dei punti nodali più significativi. I misuratori di portata dovranno essere ubicati secondo lo schema previsto in progetto.

Per ogni pozzo eseguito e messo in esercizio l'ESECUTORE dovrà fornire una scheda tecnica indicante:

- n. del pozzo;
- data;
- diametro;
- profondità;
- volumi di acqua emunta per prosciugare il pozzo;
- tipo di allestimento;
- numero, quota, diametro e lunghezza dei collegamenti a indicare i pozzi collegati;
- volumi dei materiali drenanti messi in opera;
- livello idrico a operazioni concluse (solo per i pozzi ispezionabili).

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

10.10 MICROPALI E INFILAGGI

10.10.1 MICROPALI

10.10.1.1 Definizioni e tipologie

Per quanto riguarda le definizioni e l'elencazione delle diverse tipologie di micropali si rimanda alla sezione 7, paragrafo 7.7. "Micropali" del presente Capitolato, dove sono presenti le prescrizioni relative ai micropali utilizzati nelle fondazioni speciali e nelle sottofondazioni. Nella presente Sezione del Capitolato sono trattati i micropali quando sono utilizzati nelle seguenti tipologie di opere:

1. Opere di sostegno, paratie di micropali (berlinesi a sbalzo o tirantate);
2. Interventi di stabilizzazione di pendii o fronti di scavo in genere;
3. Sostegno di reti paramassi o cucitura di rocce fessurate.

I micropali dal punto di vista esecutivo si suddividono in:

- Micropali cementati mediante iniezioni multiple selettive - IRS: Injection Répétitive et Sélective (tipo "Tubfix")
- Micropali a semplice cementazione - IGU: Injection Globale Unique (tipo "Radice")

10.10.1.2 Vincoli geotecnici e ambientali

Le tecniche di perforazione dovranno essere idonee alla natura del terreno attraversato e alle caratteristiche idrogeologiche del sito.

In particolare dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti a evitare il franamento delle pareti del foro, la contaminazione delle armature, l'interruzione e/o l'inglobamento di terreno nella guaina cementizia che solidarizza l'armatura al terreno circostante.

Di norma le perforazioni dovranno essere eseguite in presenza di rivestimento, con circolazione di fluidi di perforazione per l'allontanamento dei detriti e per il raffreddamento dell'utensile.

I fluidi di perforazione potranno consistere in:

- acqua;
- fanghi bentonitici;
- schiuma;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- aria, nel caso di perforazione a roto-percussione con martello a fondo foro, o in altri casi approvati preventivamente dalle FERROVIE.

La perforazione dovrà avvenire a secco nel caso di terreni sensibili all'acqua.

La perforazione a rotazione a secco, o con impiego di aria è invece raccomandata in terreni argillosi sovraconsolidati.

Nel caso di impiego della roto-percussione, sia mediante martello a fondo foro che mediante dispositivi di battuta applicati alla testa di rotazione,l'ESECUTORE dovrà eseguire sistematicamente misure di controllo delle vibrazioni indotte, da presentare alla Direzione Lavori unitamente ai documenti delle eventuali prove preliminari.

10.10.1.3 Campo prove e controlli preliminari

Almeno 15 giorni prima dell'inizio della posa in opera dei micropali l'ESECUTORE dovrà consegnare alle FERROVIE la documentazione preliminare comprendente:

- rilievi stratigrafici del terreno;
- una relazione nella quale, in base alle caratteristiche stratigrafiche del terreno attraversato, si specifichino le modalità di perforazione ritenute più adatte;
- l'elenco e la specifica tecnica delle attrezzature da impiegare;
- risultati di eventuali prove preliminari di perforazione eseguite con le stesse modalità e attrezzature proposte.

Se richiesto dalle FERROVIE, in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera, l'idoneità di tali attrezzature e delle modalità di esecuzione dovrà essere verificata mediante l'esecuzione di micropali di prova, portati a rottura con il metodo della trave di contrasto ancorata o zavorrata.

10.10.1.4 Prove di collaudo

10.10.1.4.1 *Prove di carico verticale*

Relativamente alle prove di collaudo (numero, tipologia e prescrizioni) si rimanda a quanto già riportato nella sezione 7 del presente Capitolato sui pali e micropali di fondazione, che tratta le verifiche del sistema di micropali di progetto ai carichi verticali.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumeriato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

10.10.1.4.2 *Prove di carico orizzontale*

In casi particolari, ove previsto da progetto (soprattutto per le tipologie di opere dei gruppi 1) e 2) devono essere eseguite anche prove di carico orizzontale con le seguenti finalità:

- ottenere indicazioni sulla entità degli spostamenti orizzontali sotto i carichi di esercizio;
- controllare i valori dei parametri geotecnici assunti nel progetto dei micropali, in particolare i valori del modulo di reazione orizzontale del terreno.

Il carico può essere applicato mediante un opportuno martinetto orizzontale interposto tra la testa del palo e un elemento di contrasto. Il sistema di applicazione del carico deve avere capacità non inferiore al carico massimo orizzontale previsto (carico di esercizio+carico dinamico massimo).

Nel corso di tali prove dovranno, almeno, essere effettuate le misure degli spostamenti orizzontali e delle rotazioni in testa.Il grado di precisione delle misure di spostamento deve essere non inferiore a 1/10 di mm. Gli spostamenti vengono rilevati mediante micrometri o strumenti ottici. Il grado di precisione delle misure di rotazione deve essere almeno dell'ordine di 1 mm/m, ciò può ottenersi conapparecchiature di tipo inclinometrico. Il sistema di misura degli spostamenti orizzontali in profondità è di regola basato sull'uso di sonde inclinometriche o di inclinometri fissi. Le misure di inclinazione devono essere eseguite per il tratto in cui sono previsti spostamenti significativi.

La successione dei carichi avviene con modalità analoghe a quelle già indicate per le prove di carico verticale.

10.10.1.5 Tolleranze di costruzione

Le tolleranze di costruzione dei micropali sono definite nel paragrafo 7.9 della Sezione 7 "Pali e micropali" del presente Capitolato.

10.10.1.6 Materiali

10.10.1.6.1 *Armature*

a1) Barre in acciaio per c.a.

Le armature dovranno soddisfare le prescrizioni presenti nella Sezione 6 "Opere in conglomerato cementizio" del presente Capitolato.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Le armature metalliche dovranno essere di norma costituite da barre ad aderenza migliorata; le armature trasversali dei micropali dovranno essere costituite da staffe o da una spirale in tondino anche a piatto sagomato, esterne ai ferri longitudinali.

I micropali costruiti in zona sismica dovranno essere armati per tutta la lunghezza.

Le armature verranno pre-assemblate fuori opera in "gabbie"; i collegamenti dovranno essere ottenuti con doppia legatura in filo di ferro e/o morsetti.

Le gabbie di armatura, all'atto della messa in opera, dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine.

Le armature dovranno essere dotate di opportuni distanziatori atti a garantire la centratura nel foro con un copriferro netto minimo di 4 cm rispetto al diametro nominale del foro.

Per i distanziatori non cementizi al fine di garantire la solidarizzazione con la miscela cementizia, è necessario che la loro superficie sia forata per almeno il 25%.

I centratori dovranno essere posti a gruppi di 3-4 regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di 2-3 m.

a2) Tubi in acciaio

Si dovranno utilizzare tubi aventi caratteristiche geometriche e qualità dell'acciaio conformi a quanto indicato nei disegni di progetto.

I tubi dovranno essere del tipo senza saldature, con giunzioni a mezzo di manicotto filettato dello stesso spessore del tubo e di lunghezza adeguata, da verificare alla flessione in base ai parametri di progetto. Le caratteristiche delle giunzioni (filettatura, lunghezza, sezioni utili) dovranno consentire una trazione ammissibile pari al 100% del carico di progetto a compressioneallo SLE (combinazione rara).

Le valvole di iniezione, ove previste, dovranno essere del tipo a "manchette" costituite cioè da una guarnizione in gomma dello spessore minimo di 3,5 mm, tenuta in sede da due anelli metallici, del diametro di almeno 4 mm solidarizzati al tubo. Nel tubo in corrispondenza di ciascuna valvola dovranno essere praticati almeno due fori di 10 mm di diametro.

Anche le armature tubolari dovranno essere dotate di distanziatori non metallici, per assicurare un copriferro minimo di 4 cm, posizionati di preferenza sui manicotti di giunzione.

In particolare per le prove di qualificazione dovrà essere fatto riferimento alle norme richiamatedalle NTC2008 e in particolare:

1. Materiali da impiegare: Norme UNI EN 10210 Parti 1ªe 2ª; UNIEN 10025; UNIEN ISO 148-1:2010;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

2. Saldature: Norme UNI 5132; UNI 7278;

3. Bullonature: Norme UNI 5727; UNI 5591, UNI 5592;

4. Collaudi: Norma UNI 10024.

Al fine di garantire l'identificazione e la rintracciabilità dei prodotti approvvigionati, tutto il materiale avente dimensione quadra o tonda superiore a 60 mm dovrà essere marcato, sull'intera lunghezza di ciascun elemento e a intervalli non inferiori a 3.0 m, con i parametri definiti nel paragrafo 10 della Norma EN 10210 - 1. Di ogni partita di materiale consegnato dovranno essere conservate e rese eventualmente disponibili alle FERROVIE le bolle di consegna e i certificati di prova.

a3) Profilati in acciaio

Le caratteristiche geometriche e meccaniche dei profilati dovranno essere conformi a quanto prescritto nei disegni di progetto.

Di norma i profilati dovranno essere costituiti da elementi unici. Saranno ammesse giunzioni saldate, realizzate con l'impiego di adeguati fazzoletti laterali, nel caso di lunghezze superiori ai valori degli standard commerciali (12÷14m).

Le saldature dovranno essere dimensionate ed eseguite in conformità alle Norme vigenti in materia.

a4) Vetroresine

I tubi in vetroresina dovranno avere caratteristiche conformi a quanto previsto al precedente paragrafo10.6.4.8.

b) Malte e miscele cementizie di iniezione

Dovranno essere applicate le prescrizioni contenute nella Sezione 6 “Opere in conglomerato cementizio” del presente Capitolato, anche nel caso in cui tali malte risultassero sottoposte ad attacco chimico.

10.10.1.7 Modalità esecutive

La norma di riferimento è la UNIEN 14199 (2005) che stabilisce i principi generali per l'esecuzione dei micropali realizzati con acciaio o altri materiali di armatura, malta per iniezione, malta o calcestruzzo, nonché loro combinazioni.

10.10.1.7.1 *Micropali a iniezioni multiple selettive*

a) Perforazione

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La perforazione dovrà essere eseguita con modalità e utensili tali da consentire la regolarità delle successive operazioni di getto e da minimizzare il disturbo del terreno nell'intorno del foro.

Per la circolazione del fluido di perforazione dovranno essere utilizzate pompe a pistoni con portate e pressioni adeguate. Di norma i valori minimi dovranno essere di 200 l/min e 2,5 MPa, rispettivamente.

Nel caso di perforazione a roto-percussione con martello a fondo-foro si dovranno utilizzare compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:

- portata maggiore di 10 m^3/min;
- pressione non inferiore a 0,8 MPa.

b) Allestimento del micropalo

Al termine della perforazione il foro dovrà essere accuratamente sgombrato dai detriti mediante il fluido di circolazione o l'utensile asportatore, senza operare con l'utensile disgregatore.

L'ordine di esecuzione dei micropali nell'ambito di ciascun gruppo dovrà essere stabilito in modo tale da evitare tassativamente l'interferenza delle perforazioni con le operazioni di iniezione.

Si provvederà quindi a inserire l'armatura tubolare valvolata, munita di centratori, fino a raggiungere la profondità di progetto; sono preferibili i centratori non metallici.

Il tubo dovrà essere prolungato fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezione.

Di norma si dovrà procedere immediatamente alla cementazione del micropalo (guaina cementizia); la posa in opera delle armature di frettaggio, ove previste, dovrà essere eseguita successivamente all'iniezione.

c) Iniezione

La solidarizzazione dell'armatura al terreno dovrà essere eseguita in due o più fasi come di seguito specificato. Si dovrà utilizzare una miscela cementizia conforme a quanto indicato nei punti precedenti.

c1) Formazione della guaina

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Non appena completata la posa in opera del tubo valvolato di armatura, si provvederà immediatamente alla formazione della guaina cementizia, iniettando attraverso la valvola più profonda un quantitativo di miscela sufficiente a riempire l'intercapedine tra le pareti del foro e l'armatura tubolare.

In caso contrario la perforatrice dovrà restare in posizione fino alla successiva ripresa del lavoro.

Contemporaneamente si procederà all'estrazione dei rivestimenti provvisori, quando utilizzati, e si effettueranno i necessari rabbocchi di miscela cementizia.

Completata l'iniezione di guaina, si provvederà a lavare con acqua il cavo interno del tubo di armatura.

c2) Iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati

Trascorso un periodo di 12÷24 ore dalla formazione della guaina, si procederà all'esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio.

Si procederà valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un pistoncino (packer) a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione.

La massima pressione di apertura delle valvole non dovrà superare il limite di 6 MPa; in caso contrario la valvola dovrà essere abbandonata.

Ottenuta l'apertura della valvola, si dovrà iniziare l'iniezione in pressione fino a ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti in progetto.

Per pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito.

L'iniezione dovrà essere eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min, e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage).

I volumi di iniezione dovranno essere di norma non inferiori a tre volte il volume teorico del foro, e comunque conformi alle prescrizioni di progetto. Nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione di rifiuto, oppure la pressione residua misurata a bocca foro non abbia superato 0,7 MPa, la valvola dovrà essere nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore.

Fino a quando le operazioni di iniezione non saranno concluse, al termine di ogni fase occorrerà procedere al lavaggio interno del tubo d'armatura.

c3) Caratteristiche degli iniettori

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Per eseguire l'iniezione si utilizzeranno delle pompe oleodinamiche a pistoni, a bassa velocità, aventi le seguenti caratteristiche minime:

- pressione massima di iniezione: C10 MPa;
- portata massima:2 m^3/ora;
- n° massimo di pistonate/minuto:60.

Le caratteristiche delle attrezzature utilizzate dovranno essere comunicate alle FERROVIE.

d) Controlli e documentazione

Per ogni micropalo eseguito l'ESECUTORE dovrà fornire una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- n° del micropalo e data di esecuzione (con riferimento a una planimetria);
- lunghezza della perforazione;
- modalità di esecuzione della perforazione: utensile, fluido, rivestimenti;
- caratteristiche dell'armatura;
- volume dell'iniezione di guaina;
- tabelle delle iniezioni selettive indicanti per ogni valvola e per ogni fase:
    - data;
    - pressioni di apertura;
    - volumi di assorbimento;
    - pressioni raggiunte;
- caratteristiche della miscela utilizzata:
    - composizione;
    - viscosità Marsh della miscela cementizia e decantazione;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- massa volumica della miscela cementizia;

- dati di identificazione dei campioni prelevati per le successive prove di resistenza a compressionemonoassiale;
- risultati delle determinazioni della massa volumica, della decantazione e della resistenza a compressione.

Questi ultimi tre valori dovranno essere confrontati con i valori misurati nel corso delle prove di qualificazione delle miscele di cui al precedente punto paragrafo.

10.10.1.7.2 *Micropali a semplice cementazione*

a) Perforazione

La perforazione dovrà essere eseguita secondo le prescrizioni del punto 10.6.5.1.2.

b)Allestimento del micropalo

Completata la perforazione e rimossi i detriti, secondo le prescrizioni del punto 10.6.5.1.2, l'ESECUTORE dovrà inserire entro il foro l'armatura conforme ai disegni di progetto.

c) Cementazione

c1) Riempimento a gravità

Il riempimento del foro, dopo la posa delle armature, dovrà avvenire tramite un tubo di alimentazione posizionato a 10÷15 cm dal fondo, collegato alla pompa di mandata o agli iniettori.

Nel caso si adotti una miscela contenente aggregati sabbiosi, il tubo convogliatore dovrà essere dotato superiormente di un imbuto o tramoggia di carico.

Si potrà anche procedere al getto attraverso l'armatura, se tubolare e di diametro interno maggiore di 80 mm.

Nel caso di miscela cementizia pura, senza aggregati, si potrà usare per il getto l'armatura tubolare solo se il diametro interno sarà inferiore a 80 mm; in caso diverso si dovrà ricorrere a un tubo di convogliamento separato.

Il riempimento dovrà essere proseguito fino a che la malta immessa risalga in superficie senza inclusioni. Si dovrà accertare la necessità o meno di effettuare rabbocchi, da eseguire sempre tramite il tubo di convogliamento.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

c2) Riempimento a bassa pressione

Il foro dovrà essere interamente rivestito; il getto della malta o della miscela dovrà avvenire in un primo momento, entro il rivestimento provvisorio, tramite un tubo di convogliamento come descritto punto c1) precedente.

Successivamente si dovrà applicare al rivestimento un'idonea testa a tenuta alla quale si invierà aria in pressione (0.5 ÷ 0.6 MPa) contestualmente al sollevamento graduale del rivestimento fino alla sua prima giunzione.

Dovrà essere smontata quindi la sezione superiore del rivestimento e applicata la testa a tenuta al tratto residuo di rivestimento, previo rabboccamento dall'alto per riportare a livello la malta.

Si dovrà procedere analogamente per le sezioni successive fino a completare l'estrazione del rivestimento.

In relazione alla natura del terreno potrà essere sconsigliabile applicare la pressione d'aria agli ultimi 5÷6 m di rivestimento da estrarre, per evitare la fratturazione idraulica degli strati superficiali.

d) Controlli e documentazione

La profondità dei perfori, da valutare rispetto alla quota del sottoplinto o della trave di coronamento nel caso di paratie, dovrà essere misurata in doppio modo:

- in base alla lunghezza delle aste di perforazione nel foro al termine della perforazione, con l'utensile appoggiato sul fondo;
- in base alla lunghezza dell'armatura.
- La differenza fra le due misure dovrà risultare minore di 0,10 m; in caso contrario si dovrà procedere alla pulizia del fondo del foro, asportando i detriti accumulati, dopo aver estratto l'armatura.
- La massa delle armature dovrà essere determinata:
    - nel caso di armature in barre ad aderenza migliorata, in base alla massa teorica corrispondente ai vari diametri nominali, alla lunghezza di progetto alla massa unitaria;
    - nel caso di armature a tubo di acciaio, in base alla massa effettiva dei tubi posti in opera.

Durante l'iniezione dovrà essere prelevato un campione di miscela per ogni micropalo sul quale si determinerà la massa volumica, la viscosità Marsh e la decantazione.

La massa volumica dovrà risultare pari ad almeno il 98% di quella teorica. Nelle prove di decantazione, l'acqua essudata fino al momento dell'indurimento non dovrà superare lo 0,2% in volume.

Con il campione di miscela verranno inoltre confezionati cubetti di 7 o 10 cm di lato, da sottoporre a prove di resistenza a compressione semplice con frequenza di almeno una prova per ogni 10 micropali o frazione, iniettati nella stessa giornata.

La resistenza dovrà essere conforme a quanto stabilito al precedente paragrafo10.10.1.6.

Le modalità di prova dovranno essere conformi alle normative vigenti e alle eventuali richieste addizionali delle FERROVIE.

Per ogni micropalo eseguito l'ESECUTORE dovrà fornire una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- n° del micropalo e data di esecuzione (con riferimento a una planimetria);
- lunghezza della perforazione;
- modalità di esecuzione della perforazione (utensile, fluido, rivestimenti);
- caratteristiche dell'armatura;
- volume della miscela o della malta;
- caratteristiche della miscela o della malta;
- risultati delle determinazioni della massa volumica, della decantazione e della resistenza a compressione semplice.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

10.10.2 INFILAGGI

10.10.2.1 Definizioni

Per gli aspetti generali si rimanda alle prescrizioni contenute nei paragrafi 6.7.1. e 6.9.1. delle NTC2008, integrate dal paragrafo C6.7. della Circolare 617/2009.

Si definiscono infilaggi i tubi portanti iniettati, posti in opera preventivamente dal fronte di scavo sull'estradosso della sezione di avanzamento in calotta. I tubi dovranno essere valvolati; saranno connessi al terreno mediante iniezione a bassa pressione nella cavità anulare tra tubo e pareti del preforo; eventualmente successivamente saranno iniettati in più fasi a pressione e volume controllati attraverso le valvole dall'interno dei tubi.

I tubi dovranno essere disposti in posizione orizzontale o sub orizzontale con geometria tronco conica e divergenza, rispetto all'asse della galleria, non superiore di norma a 60°.

Le caratteristiche dimensionali, la disposizione e le fasi di esecuzione dovranno essere conformi alle presenti prescrizioni e alle eventuali prescrizioni aggiuntive del progettista.

10.10.2.2 Tracciamento e tolleranze costruttive

Prima di iniziare ciascun ciclo di perforazioni l'ESECUTORE dovrà individuare sul fronte di avanzamento le posizioni degli infilaggi, da contrassegnare con marche od altro, in modo da renderle facilmente individuabili.

Le tolleranze di costruzione saranno le seguenti:

- la posizione della testa non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm, salvo diverse prescrizioni delle FERROVIE;
- la deviazione dell'asse dell'infilaggio rispetto all'asse di progetto non dovrà essere maggiore dell'1 %;
- la lunghezza non dovrà differire di $\pm$15 cm da quella di progetto;
- la sezione dell'armatura metallica non dovrà risultare inferiore a quella di progetto;
- il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di perforazione di progetto.

Ogni infilaggio che risultasse non conforme alle tolleranze di cui sopra dovrà essere sostituito a cura e spese dell'ESECUTORE.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

10.10.2.3 Materiali

a) Tubi in acciaio

Le armature metalliche dovranno essere costituite da tubi in acciaio senza saldatura longitudinale, del tipo per costruzioni meccaniche. Dovranno avere lunghezza, diametro e spessore conformi ai disegni di progetto.

Le giunzioni tra i diversi spezzoni di tubi dovranno essere ottenute mediante manicotti filettati o saldati, dello stesso spessore del tubo e di lunghezza adeguata, da verificare alla flessione secondo i valori di progetto. Le caratteristiche delle giunzioni (filettatura, lunghezza, sezioni utili) dovranno consentire una trazione ammissibile pari almeno all'80% del carico ammissibile a compressione.

I tubi valvolati dovranno essere forati in corrispondenza di ciascuna valvola di iniezione e scovolati internamente per asportare eventuali sbavature lasciate dal trapano.

Le valvole di iniezione dovranno essere del tipo “in sezione” oppure a “manchette” costituite cioè da una guarnizione in gomma dello spessore minimo di 3,5 mm, tenuta in sede da due anelli metallici, del diametro di almeno 4 mm solidarizzati al tubo. Nel tubo in corrispondenza di ciascuna valvola dovranno essere praticati almeno due fori di 10 mm di diametro.

In particolare, per le prove di qualificazione dovrà essere fatto riferimento a quanto previsto dalleNTC2008 e dalle norme tecnicheivirichiamate,in particolare:

1) Materiali da impiegare e controlli: Norme UNI EN 10210 Parti 1ª,2ªe 5ª; UNI EN 10025; UNI EN ISO 148-1:2010 Parte 1ª;

2) Saldature: NTC 2008 (parte 4.2.8.2 Unioni saldate; par.11.3.4.5 Processo di saldatura), Norma EN 1993-1-8;

3) Bullonature: NTC 2008 (parte 4.2.8.1 Unioni con bulloni ; par.11.3.4.6 Bulloni e chiodi), Norma EN 1993-1-8.

b) Miscele cementizie di iniezione

Miscele impiegate per l'iniezione dovranno essere conformi alle prescrizioni del precedente paragrafo10.8.4.1

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

10.10.2.4 Modalità esecutive

10.10.2.4.1 *Attrezzature e tecniche di perforazione*

Le tecniche di perforazione e le modalità di iniezione dovranno essere definite in relazione alla natura dei materiali da attraversare e alle caratteristiche idrogeologiche locali.

La scelta delle attrezzature e i principali dettagli esecutivi dovranno essere messi a punto mediante l'esecuzione preliminare di infilaggi di prova.

In particolare le attrezzature di perforazione dovranno possedere i seguenti requisiti:

- possibilità di eseguire, senza manovre d'asta, perforazioni con rivestimento provvisorio fino ad almeno 12,0 m di lunghezza;
- possibilità di posizionare le perforazioni secondo la geometria tronco conica o cilindrica definita nel progetto;
- testa di rotazione con foro passante e con ingombro verso l'esterno non eccedente 35 cm rispetto all'asse della perforazione;
- slitta di scorrimento sufficientemente rigida, dispositivi di guida delle aste e apparecchi di stazionamento dell'attrezzatura tali da assicurare il rispetto delle tolleranze geometriche prescritte; la slitta non dovrà comunque subire spostamenti elastici superiori a mm 5 a seguito dell'applicazione, a una qualsiasi delle sue estremità, di una forza di 100 Kg in qualunque direzione nel piano ortogonale dell'asse di perforazione.

La perforazione dovrà essere condotta impiegando utensili atti a ottenere fori del diametro previsto in progetto e a consentire la regolarità delle successive operazioni di infilaggio dei tubi e quelle di iniezione.

Di norma dovrà essere utilizzato il rivestimento provvisorio, da tenere in opera fino ad avvenuto riempimento della cavità anulare tra il tubo e le pareti della perforazione.

Al termine della perforazione e prima dell'inserimento dell'armatura il foro dovrà essere accuratamente sgomberato dai detriti.

L'ordine di esecuzione degli infilaggi nell'ambito di ciascun ciclo dovrà assicurare la non interferenza delle perforazioni e delle iniezioni con perforazioni in corso o in attesa di iniezione.

In ogni caso la successione esecutiva degli infilaggi dovrà essere preventivamente autorizzata dalle FERROVIE.

10.10.2.4.2 *Allestimento dell'infilaggio*

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

L'introduzione dell'armatura tubolare e l'esecuzione delle iniezioni devono essere iniziate in una fase immediatamente successiva alla perforazione di ciascun infilaggio.

In caso contrario la perforatrice resterà in posizione fino alla successiva ripresa del lavoro e si dovrà provvedere alla pulizia del perforo, subito prima che inizino le operazioni di posa della armatura e di iniezione. In ogni caso non dovrà trascorrere più di un'ora tra il termine della perforazione e l'inizio della iniezione.

L'infilaggio dell'armatura metallica dovrà precedere l'estrazione del rivestimento provvisorio ed essere seguito, immediatamente, dal riempimento della cavità anulare compresa tra tubo e pareti del perforo.

Le fasi dell'iniezione dovranno essere eseguite come riportato ai paragrafi seguenti, fatte salve diverse prescrizioni che le FERROVIE potranno impartire in sede esecutiva.

10.10.2.4.3 *Tubi valvolati*

Per i tubi valvolati le iniezioni saranno effettuate secondo le seguenti fasi:

- riempimento della cavità anulare compresa tra il tubo e le pareti del foro, ottenuto alimentando con apposito condotto di iniezione e otturatore semplice la valvola più lontana; trattandosi di perfori posti di norma in posizione orizzontale o inclinati verso l'alto, dovranno essere adottati opportuni accorgimenti (tubetti di sfiato, otturatore sulla bocca del perforo, ecc.) per evitare che la miscela cementizia riempia solo parzialmente la cavità o ne fuoriesca;
- lavaggio con acqua dell'interno del tubo;
- avvenuta la presa della miscela precedentemente iniettata, si inietterà in pressione, da ciascuna valvola, la miscela fino al raggiungimento dei volumi e/o delle pressioni previste in progetto.

L'iniezione in pressione dovrà essere ripetuta se previsto in progetto, previo lavaggio con acqua all'interno del tubo.

10.10.2.4.4 *Tubi non valvolati (tubi ciechi)*

Per i tubi non valvolati leiniezioni saranno effettuate secondo le seguenti fasi:

- riempimento della cavità anulare compresa tra il tubo e le pareti del perforo, ottenuto iniettando con apposito condotto di iniezione e otturatore semplice dalla testa del tubotrattandosi di perfori posti di norma in posizione orizzontale o inclinati verso l'alto, dovranno essere adottati opportuni accorgimenti (tubetti di sfiato, otturatore sulla bocca del perforo o sigillatura della bocca del tubo al terreno, ecc.) per evitare che la miscela cementizia riempia solo parzialmente la cavità o ne fuoriesca.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Qualora nel corso delle iniezioni si riscontrassero assorbimenti anomali di miscela, le FERROVIE ordineranno l'adozione dei provvedimenti e/o cautele che riterrà più idonei tra cui il riempimento di eventuali cavità. Qualora in corso d'opera si rinvenisse la presenza di materiale od ostacoli di qualunque natura che impedisca la costruzione degli infilaggi L'ESECUTORE dovrà provvedere alla rimozione, rottura o attraversamento dei suddetti ostacoli. Al termine delle iniezioni dovrà essere riempito anche l'interno del tubo.

10.10.2.5 Controlli e documentazione dei lavori

Nel corso delle iniezioni dovrà essere prelevato un campione della miscela di iniezione almeno ogni 10 infilaggi. Per quanto riguarda le caratteristiche delle miscele e le modalità di controllo si rimanda al paragrafo 10.6.4.3.

Sul campione si determineranno:

- la massa volumica mediante bilancia portatile, che dovrà essere non inferiore al 97% di quella dichiarata nello studio preliminare;
- l'essudazione che dovrà essere nulla;

L'ESECUTORE dovrà compilare, per ciascun infilaggio, un' apposita scheda, siglata in contraddittorio con le FERROVIE, sulla quale dovranno essere registrati i dati seguenti:

- identificazione dell'infilaggio;
- data di inizio perforazione e termine dell'iniezione;
- profondità di perforazione con inizio e fine del tratto armato;
- assorbimento totale effettivo di miscela di iniezione;
- pressioni residue minime e quantità complessive iniettateper ogni fase di iniezione ripetuta ad alta pressione.

10.11 TOLLERANZE

OGGETTO DEL CONTROLLO		DESCRIZIONE PARAMETRO DI CONTROLLO	UNITA' DI MISURA	PRECISIONE	VALORE NOMINALE	TOLLERANZA	
1 - TIRANTI ANCORAGGIO	1 . 1	Diametro foro effettivo e teorico	%	1	di progetto	0	+10
	1 . 2	Lunghezza di perforazione	mm	10	di progetto	-150	+150
	1 . 3	Inclinazione asse perforazione	%	0.5	di progetto	1	
	1 . 4	Posizionamento (orizzontale e/o verticale) testa foro	mm	10	di progetto	20	
	1 . 5	Lunghezza tratto attivo	mm	10	di progetto	100	
2 - BULLONI ANCORAGGIO	2 . 1	Diametro foro effettivo e teorico	%	1	di progetto	0	10
	2 . 2	Lunghezza di perforazione	mm	10	di progetto	-150	+150
	2 . 3	Inclinazione asse perforazione	%	0.5	di progetto	1	
	2 . 4	Posizionamento (orizzontale e/o verticale) testa foro	mm	1	di progetto	50	
3 - CHIODI ANCORAGGIO	3 . 1	Diametro foro effettivo e teorico	%	1	di progetto	0	10
	3 . 2	Lunghezza di perforazione	mm	10	di progetto	-150	+150
	3 . 3	Inclinazione asse perforazione	%	0.5	di progetto	1	
	3 . 4	Posizionamento (orizzontale e/o verticale) testa foro	mm	1	di progetto	50	
4 - JET GROUTING	4. 1	Diametro colonna	mm	50	di progetto	100	
	4. 2	Posizionamento planimetrico Jet grouting	mm	10	di progetto	50	
	4. 3	Quota della testa trattamento	mm	10	di progetto	100	
	4. 4	Quota piede trattamento	mm	50	di progetto	200	
	4. 5	Verticalità asse jet grouting	%	0.5	di progetto	1.5	

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

OGGETTO DEL CONTROLLO		DESCRIZIONE PARAMETRO DI CONTROLLO	UNITA' DI MISURA	PRECISIONE	VALORE NOMINALE	TOLLERANZA	
5 - INIEZIONI	5.1	Posizionamento planimetrico foro di iniezione	mm	10	di progetto	10	
	5.2	Posizionamento altiimetrico imposta foro di iniezione	mm	10	di progetto	10	
	5.3	Lunghezza foro	mm	10	di progetto	150	
	5.4	Inclinazione asse foro	%	0.5	di progetto	1	
6 - DRENI VERTICALI PREFAB.	6.1	Inclinazione asse foro	G°	1	di progetto	3	
7 - DRENI IN SABBIA	7.1	Posizionam. planimetrico foro	mm	50	di progetto	100	
	7.2	Profondità foro	mm	100	di progetto	300	
	7.3	Altezza di riempimento perforazione	mm	100	di progetto	100	
	7.4	Inclinazione asse foro	G°	1	di progetto	3	
8 - MICRODRENI	8.1	Interasse "i" teste tubo drenante	mm	10	di progetto	3% i	
	8.2	Posizionamento altiimetrico testa tubo drenante	mm	10	di progetto	50	
	8.3	Inclinazione asse tubo drenante	%	0.5	di progetto	1	
	8.4	Lunghezza tubo drenante	mm	10	di progetto	-150	+150
9 - TRINCEA DRENANTE	9.1	Profondità "H" fondo scavo trincea	mm	100	di progetto	5% H	
	9.2	Larghezza trincea	mm	50	di progetto	100	
	9.3	Posizionamento planimetrico trincea	mm	50	di progetto	100	
	9.4	Spessore materiale drenante	mm	10	di progetto	50	
10 - POZZO DRENANTE	10.1	Posizionamento planimetrico asse pozzo	mm	10	di progetto	100	
	10.2	Diametro pozzo	mm	50	di progetto	0	+50
	10.4	Verticalità asse pozzo	G°	1	di progetto	3	
11 - INFILAGGI	11.1	Posizionamento testa infilaggio	mm	10	di progetto	50	
	11.2	Inclinazione asse infilaggio	%	0.5	di progetto	1	
	11.3	Lunghezza perforazione	mm	10	di progetto	150	
	11.4	Differenza tra diametro utensile / diametro "D" di perforazione di progetto	mm	1	0	-0	+10%D

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:12 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI

PARTE II - SEZIONE 12

PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA

12.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
12.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
12.3	DEFINIZIONI
12.4	ABBREVIAZIONI
12.5	DISPOSIZIONI GENERALI
12.6	OPERE IN C.A. E C.A.P.
12.7	OPERE METALLICHE E MISTE ACCIAIO-CALCESTRUZZO
12.8	RIVESTIMENTI PROTETTIVI
12.9	OPERE ACCESSORIE
12.10	OPERE PROVVISORIE
12.11	INFISSIONE A SPINTA DI MANUFATTI SCATOLARI
12.12	INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/06/2014	Emissione per applicazione	A.F. Annicchiarico G. Sorrentino	M. Tisalvi	P. Firmi

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

INDICE

12.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE 3
12.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO 3
12.2.1 NORMATIVA NAZIONALE 3
12.2.2 NORMATIVA EUROPEA 3
12.2.3 DOCUMENTAZIONE TECNICA 5
12.2.4 NORMATIVA FERROVIARIA 5
12.3 DEFINIZIONI 6
12.4 ABBREVIAZIONI 6
12.5 DISPOSIZIONI GENERALI 6
12.5.1 PRESCRIZIONI OPERATIVE 6
12.5.2 DOCUMENTI DI VARO 7
12.5.3 PROVE 7
12.6 OPERE IN C.A. E C.A.P. 7
12.6.1 OPERE FERROVIARIE 7
12.6.2 CAVALCAVIA STRADALI E PASSERELLE PEDONALI 7
12.7 OPERE METALLICHE E MISTE ACCIAIO-CALCESTRUZZO 7
12.7.1 OPERE FERROVIARIE 7
12.7.2 CAVALCAVIA STRADALI E PASSERELLE PEDONALI 8
12.8 RIVESTIMENTI PROTETTIVI 8
12.8.1 VERNICIATURA 8
12.8.2 ZINCATURA 8
12.8.3 SISTEMI DI IMPERMEABILIZZAZIONE 9
12.8.3.1 Impermeabilizzazione costituita da membrane bituminose prefabbricate 10
12.8.3.2 Impermeabilizzazione costituita da membrana impermeabile sintetica 17
12.8.3.3 Strato protettivo in conglomerato bituminoso 20
12.9 OPERE ACCESSORIE 23
12.9.1 APPARECCHI D'APPOGGIO E COPRIGIUNTI 23
12.9.2 RITEGNI SISMICI 23
12.9.3 SICURVIA, RETI E PROTEZIONI 23
12.9.4 ALTRE OPERE ACCESSORIE 23
12.10 OPERE PROVVISORIE 23
12.11 INFISSIONE A SPINTA DI MANUFATTI SCATOLARI 24
12.11.1 GENERALITA' 24
12.11.2 PRESCRIZIONI TECNICHE 25
12.12 INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO 26

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

12.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Le prescrizioni contenute nella presente sezione di Capitolato si applicano ai lavori di realizzazione di opere ferroviarie (ponti, viadotti e sottovia) e di cavalcavia stradali e pedonali.

12.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

12.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- Legge 5/11/1971, n.1086 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso e a struttura metallica;
- D.P.R. n. 380/2001 – Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;
- D.M. Infrastrutture del 14/01/2008 – Nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare esplicativa del 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»

12.2.2 NORMATIVA EUROPEA

- UNI EN ISO 527:2012 - Materie plastiche - Determinazione delle proprietà a trazione - Parte 2: Condizioni di prova per materie plastiche per stampaggio ed estrusione;
- UNI ISO 815:2005 - Gomma vulcanizzata o termoplastica - Determinazione della deformazione residua a compressione;
- UNI EN ISO 868:2005 - Materie plastiche ed ebanite - Determinazione della durezza per penetrazione di un durometro (durezza Shore);
- UNI EN 1107:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose per l'impermeabilizzazione delle coperture - Determinazione della stabilità dimensionale;
- UNI EN 1109:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose per l'impermeabilizzazione delle coperture - Determinazione della flessibilità a freddo;
- UNI EN 1110:2011 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose per l'impermeabilizzazione delle coperture - Determinazione dello scorrimento a caldo;
- UNI EN ISO 1183-1:2013 - Materie plastiche - Metodi per la determinazione della massa volumica delle materie plastiche non alveolari - Parte 1: Metodo ad immersione, metodo del picnometro in mezzo liquido e metodo per titolazione;
- UNI EN 1296:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose, di materiale plastico e gomma per impermeabilizzazione di coperture - Metodo di invecchiamento artificiale tramite esposizione a lungo termine ad elevate temperature;
- UNI EN ISO 1431:2013 - Gomma vulcanizzata o termoplastica - Resistenza al deterioramento in ozono - Parte 1: Prova in condizioni di deformazione statiche e dinamiche;
- UNI EN ISO 1461:2000 - Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova;

- UNI EN ISO 1542:2000 - Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo -Metodi di prova - Misurazione dell'aderenza per trazione diretta;
- UNI EN 1848-1:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Determinazione della lunghezza, della larghezza e della rettilineità - Membrane bituminose per l'impermeabilizzazione delle coperture;
- UNI EN 1849-1:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Determinazione dello spessore e della massa areica - Membrane bituminose per l'impermeabilizzazione delle coperture;
- UNI EN 1297:2005 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane di bitume, plastica e gomma per l'impermeabilizzazione di coperture - Metodo di invecchiamento artificiale tramite esposizione combinata di lunga durata alle radiazioni UV, alla temperatura elevata e all'acqua;
- UNI EN 1928:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione Membrane bituminose, di materiale plastico e di gomma per impermeabilizzazione di coperture: determinazione della tenuta d'acqua;
- UNI ISO 4288: - Prove sulle materie plastiche. Determinazione della resistività elettrica superficiale e volumica;
- UNI ISO 4649:2011-Gomma, vulcanizzata o termoplastica - Determinazione della resistenza all'abrasione mediante dispositivo a tamburo cilindrico rotante;
- UNI EN ISO 4892:2013 - Materie plastiche - Metodi di esposizione a sorgenti di luce di laboratorio - Parte 2: Lampade ad arco allo xeno;
- UNI EN ISO 10559:1996 - Prodotti vernicianti. Determinazione della resistenza all'abrasione con l apparecchio "TABER";
- UNI EN 12310-1:2001- Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Determinazione della resistenza alla lacerazione - Membrane bituminose per l'impermeabilizzazione delle coperture;
- UNI EN ISO 12310-2:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Determinazione della resistenza alla lacerazione - Membrane di materiale plastico e gomma per l'impermeabilizzazione delle coperture;
- UNI EN 12311-1:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione – membrane bituminose per l'impermeabilizzazione delle coperture – Determinazione delle proprietà a trazione;
- UNI EN ISO 12691:2006 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose, di materiale plastico e di gomma per impermeabilizzazione di coperture - Determinazione della resistenza all'urto;
- UNI EN 12730:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose, di materiale plastico e di gomma per impermeabilizzazione di coperture - Determinazione della resistenza al carico statico;
- UNI EN 13416:2003 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose, di materiale plastico e di gomma per impermeabilizzazione di coperture – Regole per il campionamento;
- UNI EN 13596:2005 - Determinazione della resistenza dell'aderenza;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- UNI EN 13653:2005 - Membrane bituminose armate per l'impermeabilizzazione di impalcati di ponte di calcestruzzo e altre superfici di calcestruzzo soggette a traffico – Determinazione della resistenza al taglio;
- UNI EN 14223:2005 - Membrane bituminose armate per l'impermeabilizzazione di impalcati di ponte di calcestruzzo e altre superfici di calcestruzzo soggette a traffico – Determinazione dell'assorbimento d'acqua;
- UNI EN 14695:2010 - Membrane bituminose armate per l'impermeabilizzazione di impalcati di ponte di calcestruzzo e altre superfici di calcestruzzo soggette a traffico.

12.2.3 DOCUMENTAZIONE TECNICA

- ISO 9001 – Sistemi di gestione per la qualità;
- ISO 14001 – Sistemi di Gestione Ambientale;
- Istruzione CNR 10011 - Costruzioni in acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione;
- Istruzione CNR 10016 - Strutture composte di acciaio e calcestruzzo. Istruzioni per l'impiego nelle costruzioni;
- Istruzione CNR 10018 - Apparecchi d'appoggio per le costruzioni. Istruzioni per l'impiego.

12.2.4 NORMATIVA FERROVIARIA

- RFI DTC INC PO SP IFS 001 A "Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario" del 27.12.2011;
- RFI DTC INC PO SP IFS 002 A "Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria" del 27.12.2011;
- RFI DTC INC PO SP IFS 004 A "Specifica per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio t incorporate nel calcestruzzo" del 28.12.2011;
- RFI DTC INC PO SP IFS 005 A "Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia" del 28.12.2011;
- Istruzione n. 44/S del 20/10/1999 della Divisione Infrastruttura - Dir. Tecnica - Servizio Armamento e opere d'Arte - Ponti Ferrovie dello Stato – "Specifica tecnica per la saldatura ad arco delle strutture destinate ai ponti ferroviari";
- Istruzione n. 44 V delle Ferrovie dello Stato del 03/2001 – "Cicli di verniciatura per la protezione dalla corrosione di opere metalliche nuove e per la manutenzione di quelle esistenti";
- Istruzione 44 M del 10.04.2000 – "Specifica tecnica relativa al collaudo dei materiali ed alla costruzione delle travate metalliche e miste acciaio – calcestruzzo per ponti ferroviari e cavalcaferrovia".
- RFI DTC SICS PO IFS 001 A "Visite di controllo ai ponti, alle gallerie e alle altre opere d'arte dell'infrastruttura ferroviaria" del 07.08.2013;
- Istruzione tecnica del 04/10/99 - Riclassificazione delle linee e circolabilità delle locomotive sui

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

ponti;

- RFI DTC SICS PO LG IFS 001 A del 27/12/2013 " Linea guida per il collaudo statico delle opere di ingegneria civile dell'infrastruttura ferroviaria";
- Manuale di progettazione di Ingegneria Civile di RFI ed. 2003;
- Circolare n. 8 del 10/2/1960 del Servizio Lavori e Costruzioni delle F.S - .Norme riguardanti la costruzione dei ponti ad arco in conglomerato cementizio;
- COP n. 316/RFI del 29 lug. 2014 - Procedura Operativa " La Direzione dei Lavori negli appalti gestiti da RFI" - RFI DPR PD IFS 005 D.

12.3 DEFINIZIONI

Ai fini del presente Capitolato si adottano le seguenti definizioni:

- ESECUTORE: soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale);
- FERROVIE: RFI S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (Direttore Lavori, Alta Sorveglianza).

12.4 ABBREVIAZIONI

Di seguito si riportano le abbreviazioni utilizzate all'interno della presente sezione di capitolato:

- c.a.: cemento armato;
- c.a.p.: cemento armato precompresso.

12.5 DISPOSIZIONI GENERALI

12.5.1 PRESCRIZIONI OPERATIVE

Nell'esecuzione dei lavori l'ESECUTORE dovrà fornire la manodopera, le attrezzature, le opere provvisionali, i ponteggi in quantità e tipologia adeguate sia alla esecuzione dei lavori che all'effettuazione delle prove di carico e di eventuali controlli e ispezioni.

Nel caso di lavori da eseguire in presenza d'acqua, sarà cura dell'ESECUTORE provvedere, con i mezzi più adeguati, all'aggottamento e al contenimento della stessa o, in alternativa, sarà sua cura adottare gli accorgimenti necessari per l'esecuzione dei lavori in presenza d'acqua, previa informazione alle FERROVIE.

Per quelle opere che, per effetto di operazioni successive, possano rendersi inaccessibili o comunque non ispezionabili, l'ESECUTORE dovrà sempre informare le FERROVIE prima di procedere con le fasi successive. Nel caso in cui l'ESECUTORE non ottemperi a quanto sopra, le FERROVIE potranno richiedere di mettere a nudo le parti occultate o di rendere comunque accessibili le opere non ispezionate. Le prestazioni necessarie per quanto sopra dovranno essere eseguite a cura e spese dell'ESECUTORE.

Sarà cura dell'ESECUTORE provvedere all'installazione della strumentazione, alla rilevazione e alla elaborazione dei dati concernenti il monitoraggio sia definitivo, che in corso di realizzazione, delle opere quando previsto dal progetto.

Per l'effettuazione dei lavori, l'ESECUTORE dovrà adottare tutti gli accorgimenti e le cautele atte a garantire la sicurezza con particolare riferimento all'incolumità del personale addetto ai lavori.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

12.5.2 DOCUMENTI DI VARO

Sarà cura dell'ESECUTORE procedere, in fase di redazione degli elaborati di dettaglio, allo studio del piano di varo delle strutture costituenti ponti e viadotti, in funzione delle attrezzature impiegate. Le sollecitazioni transitorie gravanti sui manufatti durante le diverse fasi di montaggio dovranno essere compatibili con le caratteristiche statiche degli elementi strutturali definitivi e transitori impegnati.

Tali elaborati di varo, completi di calcoli e verifiche, ferma restando l'esclusiva e totale responsabilità dell'ESECUTORE, dovranno essere preventivamente trasmessi alle FERROVIE per l'approvazione.

12.5.3 PROVE

Sarà cura dell'ESECUTORE eseguire o far eseguire tutte le prove e i controlli di legge nonché quelli previsti dalle specifiche ferroviarie, così come quelli aggiuntivi che le FERROVIE ritenessero necessarie ad assicurare la rispondenza del lavoro eseguito alle specifiche e agli standard qualitativi prefissati. Le prove sui materiali da costruzione dovranno essere effettuate presso laboratori ufficiali autorizzati ai sensi dell'art. 59 del DPR 380/2001.

12.6 OPERE IN C.A. E C.A.P.

12.6.1 OPERE FERROVIARIE

Per quanto concerne le opere ferroviarie in cemento armato ordinario e precompresso, si rimanda a quanto indicato nella seguente documentazione:

- D.M. Infrastrutture del 14/01/2008 – Nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare esplicativa del 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»
- Sezione 6 del presente capitolato, "Opere in conglomerato cementizio";
- RFI DTC INC PO SP IFS 001 A del 27.12.2011, "Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario", e in particolare al paragrafo 2.2.

12.6.2 CAVALCAVIA STRADALI E PASSERELLE PEDONALI

Per quanto concerne le opere stradali e pedonali, costruite in cemento armato ordinario e precompresso sovrappassanti la sede ferroviaria, si rimanda a quanto indicato nella seguente documentazione:

- D.M. Infrastrutture del 14/01/2008 – Nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare esplicativa del 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»
- Sezione 6 del presente capitolato, "Opere in conglomerato cementizio";
- RFI DTC INC PO SP IFS 002 A del 27.12.2011, "Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria", e in particolare al paragrafo 2.7.

12.7 OPERE METALLICHE E MISTE ACCIAIO-CALCESTRUZZO

12.7.1 OPERE FERROVIARIE

Per quanto concerne le opere ferroviarie in acciaio e acciaio-calcestruzzo, si rimanda a quanto indicato in:

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- D.M. Infrastrutture del 14/01/2008 – Nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare esplicativa del 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»
- RFI DTC INC PO SP IFS 001 A del 27.12.2011, "Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario", e in particolare al paragrafo 2.3;
- RFI DTC INC PO SP IFS 004 A del 28.12.2011 "Specifica per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio t incorporate nel calcestruzzo".

Nella costruzione delle strutture metalliche, per la qualità e le caratteristiche dei materiali ferrosi da impiegare, per il controllo degli stessi e per il controllo delle lavorazioni d'officina e per il montaggio in opera, si richiama l'osservanza dell'Istruzione 44 M di RFI – *"Specifica tecnica relativa al collaudo dei materiali ed alla costruzione delle travate metalliche e miste acciaio – calcestruzzo per ponti ferroviari e cavalcaferrovia"*. Per quanto concerne le saldature per la realizzazione delle strutture metalliche si richiama l'osservanza dell'Istruzione FS 44 S vigente.

12.7.2 CAVALCAVIA STRADALI E PASSERELLE PEDONALI

Per quanto concerne le opere stradali e pedonali, costruite in acciaio e acciaio-calcestruzzo sovrappassanti la sede ferroviaria, si rimanda a quanto indicato in:

- D.M. Infrastrutture del 14/01/2008 – Nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare esplicativa del 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»
- RFI DTC INC PO SP IFS 002 A del 27.12.2011, "Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria", con particolare riguardo al paragrafo 2.8.

Nella costruzione delle strutture metalliche, per la qualità e le caratteristiche dei materiali ferrosi da impiegare, per il controllo degli stessi e per il controllo delle lavorazioni d'officina e per il montaggio in opera, si richiama l'osservanza dell'Istruzione 44 M di RFI – "*Specifica tecnica relativa al collaudo dei materiali ed alla costruzione delle travate metalliche e miste acciaio – calcestruzzo per ponti ferroviari e cavalcaferrovia*". Per quanto concerne le saldature per la realizzazione delle strutture metalliche si richiama l'osservanza dell'Istruzione FS 44 S vigente.

12.8 RIVESTIMENTI PROTETTIVI

12.8.1 VERNICIATURA

La verniciatura dovrà essere eseguita esclusivamente con cicli omologati dalle FERROVIE e secondo quanto indicato nell'Istruzione ferroviaria 44/V "Cicli di verniciatura per la protezione dalla corrosione di opere metalliche nuove e per la manutenzione di quelle esistenti".

12.8.2 ZINCATURA

La protezione mediante zincatura di manufatti metallici, ove richiesta dai documenti di progetto e/o da altre sezioni del presente Capitolato, sarà eseguita con le modalità di seguito riportate:

- i materiali potranno essere sottoposti a trattamento di protezione mediante zincatura a caldo in conformità alla norma UNI EN ISO 1461;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- prima della zincatura il materiale, in relazione al suo stato di conservazione (grado di arrugginimento, ecc.), dovrà essere sottoposto, oltre che al trattamento di decapaggio, se necessario anche a quello di sabbiatura (grado Sa 2);
- particolari accorgimenti dovranno essere adottati nella predisposizione degli elementi da sottoporre a zincatura ed in particolare:
  - le saldature non dovranno essere discontinue;
  - dovranno essere opportunamente rimosse tutte le scorie di saldatura;
  - non dovranno mai essere lasciati vuoti chiusi, in quanto l'aria e l'umidità presenti all'interno di questi vuoti, a contatto col bagno di zinco, provocherebbero pressioni pericolose con possibilità di esplosioni;
  - dovranno essere sempre lasciati dei canali che consentano la libera circolazione dell'acido e dello zinco;
  - i piccoli pezzi (dadi, viti, manicotti, ecc.) dovranno essere centrifugati e nell'impiego nella costruzione occorrerà tener conto dello spessore dello strato di zinco.

I pezzi zincati dovranno essere immagazzinati in luoghi ben areati e asciutti evitando il contatto tra di essi quando ancora caldi tramite idonei distanziatori. Gli elementi zincati devono essere maneggiati con cura evitando l'impiego di funi e catene d'acciaio o interponendo tra essi e gli elementi zincati adeguati elementi di separazione.

Le FERROVIE potranno accertare in ogni momento sui prodotti già zincati presenti in cantiere la corrispondenza del trattamento eseguito a quanto indicato nei documenti di progetto.

12.8.3 SISTEMI DI IMPERMEABILIZZAZIONE

Le impermeabilizzazioni degli impalcati ferroviari saranno realizzate mediante l'impiego di membrane bituminose prefabbricate oppure mediante membrane a base di prodotti sintetici da applicare a spruzzo quali poliuretano e poliurea, secondo quanto specificato nei successivi paragrafi.

Al fine di garantire l'omogeneità dell'impermeabilizzazione, sarà consentito l'impiego di una sola delle suddette tipologie sull'intero impalcato.

Con riferimento alle tipologie di ponti ferroviari indicati nel Manuale di progettazione di Ingegneria Civile di RFI, di regola l'impiego di membrane sintetiche, in considerazione del maggior costo rispetto alle tradizionali membrane bituminose, è limitato a:

- solette degli impalcati in struttura mista acciaio-calcestruzzo;
- impalcati a cassone metallico con ballast all'interno;
- solette degli impalcati in c.a e c.a.p. realizzati a trave continua.

Per le altre tipologie d'impalcato si utilizzeranno le membrane bituminose prefabbricate.

Per le opere scatolari messe in opera mediante spinta sotto binario, il sistema d'impermeabilizzazione è di regola costituito come segue:

- per la soletta superiore, da membrane bituminose prefabbricate, protette da un massetto di calcestruzzo di classe C25/30, armato con rete d'acciaio elettrosaldata, di spessore non inferiore ai 5 cm;
- per le pareti verticali da uno strato di 3 mm di resine epossidiche bicomponenti.

I prodotti impermeabilizzanti devono essere dotati, ove previsto, di marcatura CE in conformità alla norma

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

UNI EN 14695. Inoltre, dovranno provenire da produttore in possesso della certificazione UNI EN ISO 9001.

I prodotti e la relativa etichettatura dovranno essere conformi agli obblighi di legge e alle normative nazionali e internazionali in materia di rispetto dell'ambiente e di salvaguardia della salute degli operatori. Per essi è, inoltre, richiesta la scheda di sicurezza, ove pertinente.

L'ESECUTORE dovrà conservare i prodotti nei propri imballi originali sigillati, in ambienti asciutti e al riparo dal sole, da altre fonti di calore e dal freddo intenso nel rispetto delle eventuali particolari prescrizioni fornite a riguardo dal Produttore.

Per ciascuna partita l'ESECUTORE deve consegnare alle FERROVIE, unitamente alla bolla di consegna, la DoP ("Declaration of Performance") fornita dal Produttore in accordo alla UNI EN 14695.

La caratterizzazione del sistema di impermeabilizzazione, che prevede lo svolgimento delle prove indicate nelle tabelle 12.8.3.1.1-2-3 e 12.8.3.2.1-2, dovrà essere effettuata a cura del Produttore all'atto della sua prima applicazione in ambito ferroviario, informando le FERROVIE per l'eventuale presenziamento delle prove di laboratorio. Per tutti gli impieghi successivi, l'ESECUTORE dovrà consegnare alle FERROVIE il Dossier contenente tutta la documentazione che attesti lo svolgimento delle prove di caratterizzazione suddette. Le FERROVIE, verificato il contenuto del Dossier, procederanno con le prove di conformità dei nuovi prodotti a quelli già testati secondo quanto riportato nei paragrafi 12.8.3.1.2 e 12.8.3.2.2.

12.8.3.1 Impermeabilizzazione costituita da membrane bituminose prefabbricate

Il sistema di impermeabilizzazione da applicare nella zona centrale "sotto-ballast" degli impalcati dovrà essere costituito da due membrane bituminose prefabbricate sovrapposte, di spessore 3 mm (membrana inferiore) e 4 mm (membrana superiore). Tali membrane dovranno poi essere protette superiormente da uno strato di 5 cm di spessore di conglomerato bituminoso.

La membrana superiore dovrà inoltre essere trattata sulla superficie superiore con fibre polimeriche preformate in film in modo da renderla più resistente al passaggio dei mezzi di cantieri e della vibrofinitrice.

Nella zona dei camminamenti l'impermeabilizzazione sarà invece formata da un'unica membrana di 4 mm di spessore, delle stesse caratteristiche della precedente membrana superiore, protetta dal suddetto strato di conglomerato bituminoso.

Tabella 12.8.3.1.1 - Caratteristiche della membrana inferiore da 3 mm

CARATTERISTICHE DELLA MEMBRANA	VALORE RICHIESTO	NORMA DI RIFERIMENTO	TOLLERANZE
Resistenza a rottura per trazione su provino **longitudinale**	500N	UNI EN 12311-1	± 20%
Resistenza a rottura per trazione su provino **trasversale**	400N	UNI EN 12311-1	± 20%
Allungamento a rottura	>=40%	UNI EN 12311-1	± 15 abs
Stabilità di forma a caldo	a 140°C	UNI EN 1110	± 10°C
Flessibilità a freddo	a -10°C	UNI EN 1109	

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Flessibilità a freddo dopo invecchiamento	a -5°C		
Permeabilità all'acqua	Nessuna	UNI EN 1928	Nessuna tolleranza
Massa areica	>=3 e <=3,5 kg/mq	UNI EN 1849-1	
Stabilità dimensionale a caldo longitudinale e trasversale	<=0,5% (proposto 0.3%)	UNI EN 1107	
Lunghezza (Lu)	Lu	UNI EN 1848-1	± 1%
Larghezza (La)	La	UNI EN 1848-2	± 1%
Spessore	3 mm +/- 5%	UNI EN 1849-1	± 5%
Resistenza alla lacerazione longitudinale e trasversale metodo B	>=150 N	UNI EN 12310-2	
Temperatura di rammollimento	>=140°C	ASTM D36	
Resistenza all'ozono	NESSUNA screpolatura dopo la prova	UNI EN 1844:2002	

Tabella 12.8.3.1.2 - Caratteristiche della membrana inferiore da 4 mm

CARATTERISTICHE DELLA MEMBRANA	VALORE RICHIESTO	NORMA DI RIFERIMENTO	TOLLERANZE
Resistenza a rottura per trazione su provino **longitudinale**	>= 900N	UNI EN 12311-1	± 20%
Resistenza a rottura per trazione su provino **trasversale**	>=900N	UNI EN 12311-1	± 20%
Allungamento a rottura	>=40%	UNI EN 12311-1	± 15 abs
Determinazione dello scorrimento a caldo	a 140°C	UNI EN 1110	± 10°C
Flessibilità a freddo	a -15°C	UNI EN 1109	
Flessibilità a freddo dopo invecchiamento	a -10°C	UNI EN 1109	
Permeabilità all'acqua alla pressione di 500 KPa	Nessuna	UNI EN 1928	Nessuna tolleranza
Massa areica	4 kg/mq	UNI EN 1849-1	± 0.3 kg/mq

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Stabilità dimensionale a caldo longitudinale e trasversale	<=0,5%	UNI EN 1107	
Lunghezza (Lu)	Lu	UNI EN 1848-1	± 1%
Larghezza (La)	La	UNI EN 1848-2	± 1%
Spessore	4 mm	UNI EN 1849-1	± 5%
Resistenza alla lacerazione longitudinale e trasversale metodo B	>=150 N	UNI EN 12310-2	
Temperatura di rammollimento	>=140°C	ASTM D36	
Resistenza all'ozono	Nessuna screpolatura dopo la prova	UNI EN 1844	

Tabella 12.8.3.1.3 - Caratteristiche sistema (insieme delle due membrane)

Resistenza al punzonamento statico	>=350 N	UNI EN 12730	

12.8.3.1.1 Prescrizioni per la posa in opera del manto impermeabile

Nessuna impermeabilizzazione potrà essere eseguita in giornate di pioggia o di neve o quando la temperatura ambiente, in fase di posa, sarà inferiore a +5°C; in ogni caso, le superfici da impermeabilizzare dovranno risultare perfettamente asciutte.

Le modalità di posa in opera del manto impermeabile dovranno essere quelle di seguito indicate per le diverse zone d'impalcato:

Zona "sotto ballast" dell'impalcato

1. Radicale pulizia delle superfici da impermeabilizzare mediante idrolavaggio e/o soffiatura con aria compressa e, ove occorra, con regolarizzazione delle superfici mediante bocciardatura e/o rasatura con emulsione bituminosa costituita da cemento, sabbia di fiume, bitume ed acqua, in rapporti volumetrici adeguati ed idonei a garantire superfici, lisciate al fratazzo, che non presentino crepe dopo essiccamento dell'emulsione stessa. Soluzioni diverse potranno essere adottate soltanto se preventivamente accettate da FERROVIE;
2. applicazione a rullo o a spruzzo, sulle superfici da impermeabilizzare, di uno speciale primer compatibile anche con calcestruzzi trattati con anti evaporante, in quantità compresa tra i 300 g e i 500 g per m^2;
3. applicazione, in fasi successive, delle due membrane, di spessore 3 mm (inf.) e 4 mm (sup.), mediante fiaccola, per la fusione di tutto lo strato superficiale da incollare al supporto, e rullo, di peso adeguato, per comprimere uniformemente le membrane fuse in modo da renderle maggiormente aderenti.

La stesa delle membrane dovrà effettuarsi trasversalmente all'impalcato. Il singolo rotolo di membrana dovrà consentire, senza giunti trasversali, la copertura della zona compresa tra i muretti para-ballast nonché i risvolti verticali sui muretti stessi, che dovranno essere di 20 cm per le membrane di spessore 3 mm e di 25 cm per le membrane di spessore 4 mm (vedi figure 12.8.3.1.1.1 e12.8.3.1.1.2).

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La successione longitudinale delle singole membrane potrà avvenire partendo dalla estremità più bassa e terminando all'altra estremità della campata nei viadotti in pendenza, oppure partendo dalle due estremità e terminando al centro della campata stessa nei viadotti non in pendenza.

Particolare attenzione dovrà essere posta all'incollaggio delle membrane sull'angolo tra estradosso impalcato e muretto para-ballast, onde evitare vuoti sotto le membrane stesse che potrebbero causarne il distacco dal muretto sotto l'azione del ballast.

Alle estremità dell'impalcato le membrane dovranno coprire per metà ampiezza il varco esistente tra due impalcati contigui. La posa delle stesse dovrà avvenire dopo l'applicazione della scossalina di raccolta delle acque sul varco. Le modalità di applicazione di detta scossalina sono riportate nell'elaborato riguardante la posa in opera del coprigiunto omologato da RFI che sarà utilizzato (vedi fig.12.8.3.1.1.3).

Le sovrapposizioni delle membrane dovranno essere di 10 cm. Le sovrapposizioni della membrana superiore da 4 mm dovranno ricadere all'incirca a metà tra le sovrapposizioni della membrana inferiore da 3 mm.

Zone dell'impalcato non al di sotto del ballast

Su tale zona dovrà essere applicata soltanto la membrana di spessore 4 mm di cui sopra e le modalità di applicazione dovranno essere le stesse previste per la zona centrale dell'impalcato ad esclusione della stesa, che potrà effettuarsi anche in senso longitudinale all'impalcato qualora l'ESECUTORE ne faccia richiesta e dia dimostrazione alle FERROVIE di ottenere gli stessi risultati ottenibili con l'applicazione trasversale all'impalcato. Le sovrapposizioni sia longitudinali che trasversali delle membrane dovranno essere di 15 cm, mentre i risvolti delle stesse sui muretti para-ballast e sui cordoli dei parapetti dovranno essere rispettivamente di 20 cm e di 8 cm. Particolare attenzione dovrà essere posta in prossimità dei fori quadri di scolo ricavati alla base dei muretti para-ballast, nonché in prossimità dei pluviali e dei fori di ancoraggio dei pali T.E. posti sui camminamenti.

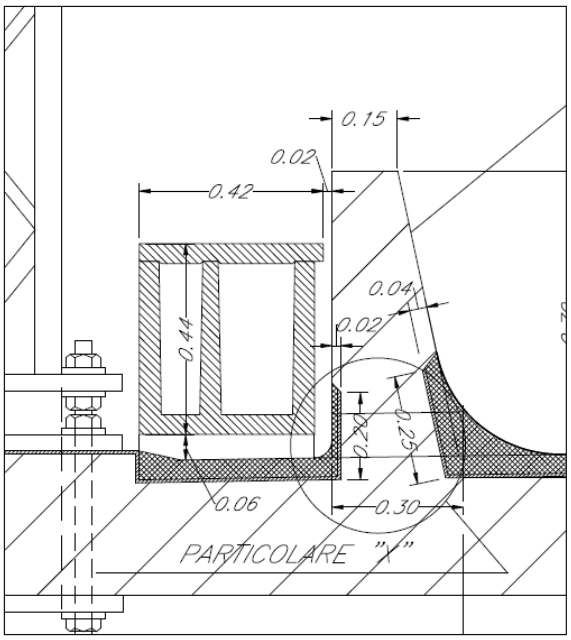


Figura 12.8.3.1.1.1- Impermeabilizzazione dei muretti paraballast

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

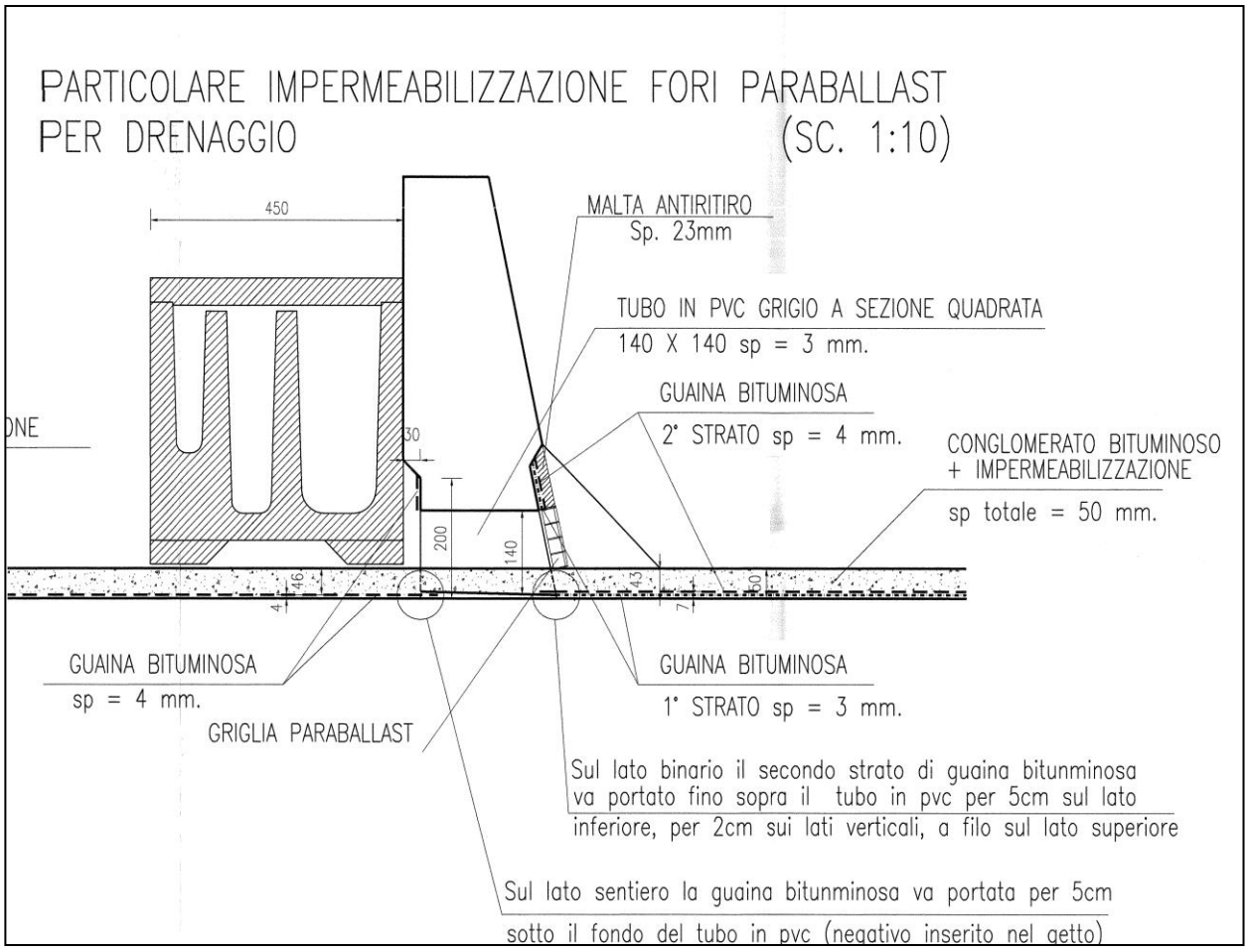


Figura 12.8.3.1.1.2 - Particolare impermeabilizzazione in corrispondenza tubo quadro di scarico acque dalla piattaforma ferroviaria

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

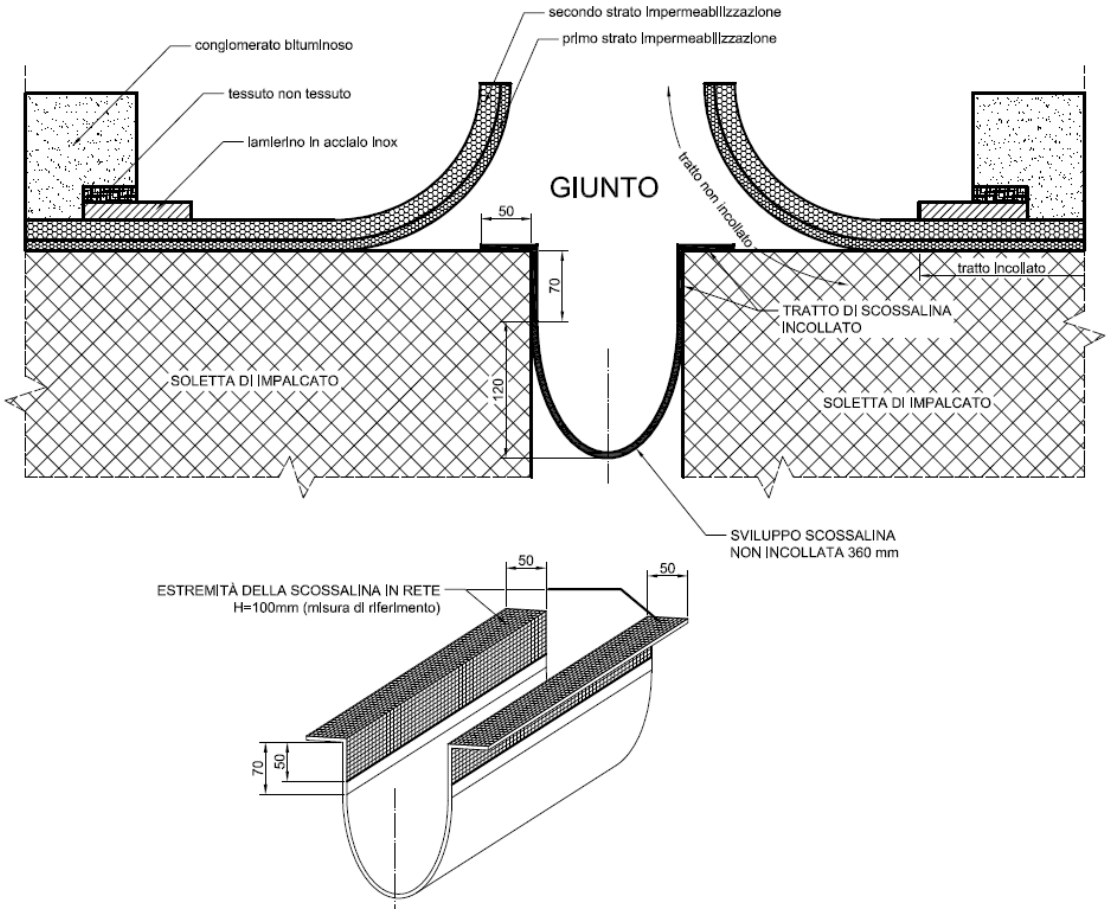


Figura 12.8.3.1.1.3 - Particolare impermeabilizzazione in zona terminale delle solette

12.8.3.1.2 Prove sulle forniture e sul prodotto applicato

Le prove da eseguire sulle membrane impermeabili riguarderanno sia il prodotto in fornitura che il prodotto applicato.

Prove sulle forniture

Le prove di caratterizzazione sono obbligatorie per forniture relative a superfici da impermeabilizzare maggiori di 500 m² ed hanno lo scopo di accertare che il prodotto approvvigionato abbia le caratteristiche riportate nelle tabelle precedenti. Nella tabella seguente si riporta l'elenco delle suddette prove:

Tabella 12.8.3.1.2.1

CARATTERISTICHE DELLA MEMBRANA	NORMA DI RIFERIMENTO	TOLLERANZE AMMESSE RISPETTO AL VALORE NOMINALE
Resistenza a rottura per trazione su provino longitudinale	UNI EN 12311	± 20%

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Resistenza a rottura per trazione su provino trasversale	UNI EN 12311	± 20%
Allungamento a rottura	UNI EN 12311-1	± 15
Stabilità di forma a caldo	UNI EN 1110	± 10°c
Permeabilità all'acqua alla pressione di 500 KPa	UNI EN 1928	Nessuna tolleranza
Spessore	UNI EN 1849-1	± 5%
Resistenza alla lacerazione longitudinale e trasversale metodo B	UNI EN 12310-2	± 30%
Flessibilità a freddo	UNI EN 1109	Nessuna tolleranza
Temperatura di rammollimento	ASTM D36	Nessuna tolleranza

Le prove verranno eseguite alla presenza di personale delle FERROVIE che provvederà ai prelievi dei campioni che l'ESECUTORE, a propria cura e spese, dovrà inviare ad un laboratorio dotato delle attrezzature e delle qualifiche, necessarie all'esecuzione delle prove previste in conformità alle norme applicabili.

Il numero di prelievi sarà pari a 4 per ogni 10.000 m² di superficie o frazione, per ciascuna delle due membrane sovrapposte.

Le FERROVIE, qualora lo ritengano opportuno, si riservano il diritto di richiedere ulteriori prove oltre a quelle elencate nella tabella precedente.

Il campionamento sarà eseguito da rotoli non danneggiati avendo cura che il provino sia esente da ogni difetto visibile, in conformità alla norma UNI EN 1850-2. Al termine delle prove tutto il materiale oggetto del collaudo dovrà essere identificato inequivocabilmente come idoneo all'impiego.

Prove sul prodotto applicato

Le prove funzionali da eseguire consisteranno in prove di strappo delle membrane bituminose già poste in opera.

Dette prove dovranno essere condotte in presenza del personale di FERROVIE e consisteranno nell'incollaggio sulle membrane bituminose di alcuni piastrini metallici circolari, di diametro 100 o 50 mm e nel tiro di detti piastrini con apposita apparecchiatura in grado di fornire la tensione di tiro prescritta nel seguito.

I piastrini da applicare saranno almeno n. 2 per campata, per luci degli impalcati fino a m 25, e n 4 per campata per luci maggiori. Essi potranno essere posizionati a scelta delle FERROVIE, sia sui camminamenti che sulla zona centrale dell'impalcato. I piastrini non dovranno essere applicati negli incroci coincidenti con le sovrapposizione delle membrane.

Le prove dovranno svilupparsi conducendo le seguenti operazioni:

- sabbiatura dei piastrini a metallo bianco;
- incollaggio dei piastrini sulle membrane con apposito collante in grado di sopportare le tensioni di tiro richieste (al riguardo si suggeriscono resine epossidiche bicomponenti senza solventi);

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- taglio di una porzione di membrana intorno alla circonferenza dei piastrini dopo completa essiccazione del collante;
- tiro dei piastrini con azione perpendicolare alla superficie incollata.

La tensione media di distacco delle membrane dal supporto, rilevata sui 6 provini, dovrà essere superiore a 0,1 N/mm² con valori minimi per ogni singolo provino non inferiori a 0,08 N/mm².

Qualora il distacco dei piastrini dovesse avvenire per cedimento del collante, il valore di prova da considerare sarà il massimo valore rilevato qualora superiore a 0,1 N/mm².

Se il distacco dovesse avvenire prima del raggiungimento di tale valore, si provvederà all'incollaggio di un nuovo provino.

Al termine delle prove, le zone in cui è avvenuto il distacco della membrana incollata ai piastrini dovranno essere ripristinate prevedendo una colata di asfalto fino all'estradosso dell'impermeabilizzazione ed un rappezzo con membrana da 4 mm di dimensioni 40x40 cm da applicare a caldo con fiaccola facendo attenzione che lo stesso sia centrato sulla zona di prova.

Se il distacco dei piastrini dovesse avvenire per cedimento del collante, occorrerà rimuovere il disco di membrana isolato dal taglio per poi procedere al ripristino di cui sopra.

12.8.3.2 Impermeabilizzazione costituita da membrana impermeabile sintetica

In questo caso, l'impermeabilizzazione degli impalcati viene ottenuta con la posa in opera di manto impermeabile sintetico a base di prodotti sintetici quali poliurea e poliuretano, eseguito con membrana continua ed omogenea, realizzata in opera e spruzzata in un'unica soluzione mediante idonea apparecchiatura. La membrana dovrà essere esente da solventi, plastificanti, inerti di carica e materiali bituminosi.

L'impermeabilizzazione non potrà essere eseguita in giornate di pioggia o neve o quando la temperatura atmosferica è inferiore a 5°C e fino a che le superfici non resteranno perfettamente asciutte.

Lo strato di impermeabilizzazione dovrà avere uno spessore minimo ≥ 4 mm così da garantire un'elevata protezione all'azione delle acque meteoriche, degli agenti aggressivi solidi e dei raggi U.V.; dovrà inoltre resistere all'abrasione e al punzonamento.

La messa in opera del prodotto dovrà avvenire previa preparazione delle superfici da impermeabilizzare mediante sabbiatura e nel caso di applicazioni su cls, se la superficie a giudizio della FERROVIE, risultasse fortemente irregolare, con regolarizzazione della stessa mediante bocciardatura. Successivamente dovrà eseguirsi la spalmatura del primer.

L'applicazione dello strato impermeabile dovrà essere eseguita a spruzzo con apparecchiature per prodotti bicomponenti dotate di pompe ad ingranaggi, serbatoi e tubi riscaldati e con il controllo elettronico dei rapporti di catalisi e miscelatore statico. La posa deve essere eseguita da personale abilitato dal fornitore e di comprovata esperienza in lavori analoghi.

Il prodotto dovrà reagire in un tempo inferiore a 15 secondi e dovrà essere pedonabile dopo 5 minuti dall'applicazione.

Le FERROVIE si riservano la facoltà di verificare lo spessore o con spessimetro ad applicazione ultimata o con ritagli del prodotto in fase di applicazione, i quali dovranno essere ricolmati prima della fine dell'intervento.

Ad applicazione ultimata, il rivestimento dovrà presentare caratteristiche di uniformità e dovrà risultare raccordato a rialzi e strutture (cordoli, muretti paraballast, etc.), come indicato al paragrafo 12.8.3.1.1.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

12.8.3.2.1 Caratteristiche della membrana impermeabilizzante

La caratterizzazione della membrana impermeabilizzante sintetica sarà definita con l'effettuazione di prove tecnologiche da eseguirsi sia sul materiale tale e quale che sul materiale trattato, e prove funzionali da eseguirsi solo sul materiale tale e quale.

Le prove effettuate devono soddisfare i requisiti elencati nella tabella seguente.

Tabella 12.8.3.2.1 Caratteristiche della membrana impermeabilizzante

Parametro	**Valore richiesto**	**Norma di riferimento**
Densità	1,0 ± 0,1 gr/cm^3	UNI EN ISO1183-1
Residuo secco	100%	Dichiarazione del produttore
Allungamento a rottura:+20° C -30° C	≥ 250% ≥ 200%	EN ISO 527
Modulo al 100%	> 3 MPa	
Modulo al 200%	> 5 MPa	
Carico di rottura:	> 6 MPa	
Durezza superficiale Shore A	75 ± 5	UNI EN-ISO868
Resistenza alla propagazione della lacerazione	> 16 N/mm	UNI EN 12310-2
Deformazione residua	> 7%	UNI ISO 815-1 UNI ISO 815-2
Resistenza all'abrasione	< 220 mm^3	UNI ISO 4649 UNI 10559
Adesione su calcestruzzo Adesione su acciaio	≥ 4 N/mm^2	EN 1542
Adesione su calcestruzzo o acciaio dopo invecchiamento per 96 ore a 70°C	≥ 4 N/mm^2	EN 1542
Resistenza al punzonamento dinamico:	PD 4	UNI EN 12691:2006
Temperatura limite di fragilità:	<-40°C nessuna rottura	
Resistenza ai raggi ultravioletti UV dopo 400 ore di esposizione	Nessuna screpolatura della membrana	ISO 4892-3
Resistenza all'ozono dopo 96 ore con concentrazione di ozono di 50 p.p.c.m	Nessuna screpolatura	UNI EN ISO1431 UNI EN 1844 CNR 10018
Permeabilità all'acqua dopo punzonamento	Nessuna perdita d'acqua	EN 1928:2002

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

dinamico		
Resistenza elettrica su acciaio a secco (500V) Resistenza elettrica su acciaio a bagnato (100V)	≥100 MΩ ≥10 MΩ	UNI 4288

Tabella 12.8.3.2.2 - Prove tecnologiche sul materiale trattato

Tipo Di Prova	Trattamento	N. Provini	Valore Richiesto
Resistenza a rottura	In stufa a 80°C per 14 gg	3	< 5%
	In soluzione satura di cloruro di sodio per 14 gg	3	< 15%
	In olio ASTM 3 per 14 gg	3	< 35%
	In frigo a -30°C per 1 ora	3	< 40%
Allungamento a rottura	In stufa a 80°C per 14 gg	3	< 5%
	In soluzione satura di cloruro di sodio per 14 gg	3	< 5%
	In olio ASTM 3 per 14 gg	3	< 25%
	In frigo a -30°C per 1 ora	3	< 40%
Resistenza all'abrasione	In stufa a 80°C per 14 gg	3	+/- 10%
Durezza di SHORE A	In stufa a 80°C per 14 gg	3	+/- 10%
	In soluzione satura di cloruro di sodio per 7 gg	3	+/- 10%
	In soluzione satura di cloruro di sodio per 14 gg	3	+/- 10%
	In olio ASTM 3 per 14 gg	3	+/- 10%
	In soluzione di acido solforico al 20% per 7 gg	3	+/- 10%
	In soluzione di acido solforico al 20% per 14 gg	3	+/- 10%
Resistività	A secco (secondo CEI 15-23)	3	-
	Sotto pioggia (secondo CEI 15-23)	3	-
Rigidità dielettrica	A secco (secondo CEI 15-23)	3	-
	Sotto pioggia (secondo CEI 15-23)	3	-
Adesione al supporto	In stufa a 70°C per 96 ore	3	-
Adesione nelle zone di sovrapposizione	In stufa a 70°C per 96 ore	3	-

* Le massime variazioni percentuali ammesse per i risultati delle prove sopra elencate sono da verificare rispetto ai risultati delle prove condotte sul materiale non trattato (vedi tabella 12.8.3.2.1).

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Prova di compressione dell'intero pacchetto sottostante il binario (prova funzionale da eseguirsi solo sul materiale tale e quale)

Si simula un carico statico e una ripetizione ciclica con vibrazione con onde sinusoidali alla frequenza di 30 Hz. Il carico unitario dovrà essere superiore o uguale a 10 daN/cm². La durata delle prove dovrà essere non inferiore a 15 minuti nella prova statica e a 10 minuti nella prova a fatica ciclica con scarico non superiore al 25%. A conclusione di tale prova, dovrà essere riscontrata la completa impermeabilità a fronte di una prova di tenuta effettuata simulando una pioggia battente con indice pluviometrico pari a 50 mm/h per tre ore.

12.8.3.2.2 Prove sulle forniture e sul prodotto applicato

Relativamente alla fornitura, durante la posa in opera del prodotto dovranno essere prelevate delle placche di materiale di dimensione non inferiori a 50x50 cm, su cui dovranno essere eseguite le seguenti prove da effettuarsi ciascuna su n. 3 provini:

- prova della densità;
- prova di resistenza a rottura e di allungamento a rottura ai sensi della UNI EN ISO 527;
- prova di durezza SHORE A ai sensi della UNI EN ISO 868;
- prova di permeabilità all'acqua ai sensi della UNI EN ISO 1928;
- prova di assorbimento d'acqua in ambiente con temperatura di 1°C con procedura derivante dalla norma ASTM D 570;
- prova per la determinazione dello spettro IR.

Le FERROVIE, qualora lo ritengano opportuno, si riservano il diritto di richiedere ulteriori prove oltre a quelle indicate in precedenza.

Relativamente al prodotto applicato, dovranno essere svolte le seguenti prove:

- prova di adesione su calcestruzzo/acciaio. Le modalità e la frequenza delle prove sono quelle indicate nel paragrafo 12.8.3.1 delle membrane bituminose prefabbricate;
- verifica dello spessore dello strato applicato. Sull'impalcato, dovrà essere verificato lo spessore dello strato di membrana, con prelievi da effettuarsi ogni 50 m² prima della completa polimerizzazione ed adesione del prodotto, avendo cura di ripristinare la zona del prelievo subito dopo l'estrazione del provino.

12.8.3.3 Strato protettivo in conglomerato bituminoso

Il conglomerato bituminoso dovrà essere costituito da aggregati lapidei, filler e bitume. L'aggregato lapideo sarà formato da una frazione grossa, trattenuta al setaccio ASTM n° 10, ed una frazione fina, passante al medesimo setaccio.

La frazione grossa sarà costituita da elementi sani, durevoli, puliti, scevri da limo ed argilla e da altri materiali estranei.

Gli elementi dovranno avere forma regolare e sarà ammessa una percentuale di elementi piatti ed allungati non superiore al 10% in peso.

La frazione fina sarà costituita da una miscela di sabbie naturali o di frantumazione che s'integrino opportunamente dal punto di vista granulometrico.

Il rapporto volumetrico per sabbia naturale e da frantumazione non deve superare il valore di 1:2.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

L'equivalente in sabbia (CNR-BU n° 27) non dovrà essere inferiore a 70.

Il filler dovrà essere perfettamente asciutto e privo d'agglomerazioni e dovrà rispettare la seguente granulometria:

Passante in peso a secco al setaccio ASTM n° 30 = 100 %

n° 100 = 90 %

n° 200 = 70 %

Il legante dovrà essere costituito da bitume stradale del tipo 60/70 secondo CNR BU n° 68.

La granulometria delle miscele inerti - filler dovrà rispettare le percentuali in peso indicate nella tabella seguente.

La curva di lavoro che s'intende adottare e che dovrà essere mantenuta per tutta la durata del lavoro sarà accettata se rispetterà le seguenti tolleranze.

Tabella 12.8.3.3.1

Setacci ASTM (n°)	*GRANULOMETRIA* (% passante in peso)	*TOLLERANZA* (%)
½	100	±3
3/8	80 – 90	±3
4	56 - 70	±3
10	40 - 51	±2
40	20 - 28	-
80	14 - 20	-
200	9 - 12	±1

La percentuale di bitume, riferita al peso degli inerti, dovrà essere del 5,5 % ± 0,5 %.

Il rapporto in peso filler – bitume dovrà essere maggiore o uguale a 1,5.

La miscela dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- stabilità Marshall (a) (CNR.B.U. n° 30) min.900 (75 colpi faccia);
- scorrimento Marshall (b) (CNR.B.U. n° 30) 2 – 5 mm;
- rigidità Marshall (a/b) (CNR.B.U. n° 30) min. 300;
- perdita di stabilità Marshall: max 25 %;
- vuoti residui Marshall (CNR-B.U. n° 39) max 4%;
- permeabilità K ≤ 10-6 cm/s.

Le temperature dell'impasto saranno quelle indicate dal Fornitore del legante in funzione del tipo di legante stesso e della relativa viscosità. Il tempo di miscelazione di ciascun impasto dovrà essere tale da permettere il

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

completo ed uniforme rivestimento degli inerti e del filler.

12.8.3.3.1 Posa in opera del conglomerato bituminoso

La stesa del conglomerato bituminoso nella zona centrale dell'impalcato tra i muretti para-ballast dovrà essere effettuata con idonea vibrofinitrice munita di piastra vibrante riscaldata; il livellamento dovrà effettuarsi con un sistema atto ad assicurare che la superficie finale dello strato compattato risulti sagomata in modo conforme ai profili ed alle pendenze di progetto.

La temperatura dell'impasto all'atto della stesa dovrà essere compresa tra 130°C e 140°C.

La posa in opera non dovrà essere eseguita quando le condizioni meteorologiche siano tali da non consentire la perfetta riuscita del lavoro, quando la temperatura ambiente è inferiore a 5°C e quando il piano di posa si presenta sporco e/o bagnato.

Nelle zone laterali dell'impalcato, tra i muretti para-ballast e i cordoli dei parapetti, la stesa del conglomerato e la successiva compattazione dovrà essere eseguita a mano. Eventuali applicazioni con mezzi meccanici dovranno essere sottoposte all'approvazione di FERROVIE.

Nella zona compresa tra i muretti paraballast la compattazione del conglomerato bituminoso dovrà essere eseguita immediatamente dopo la stesa e alla massima temperatura dell'impasto, con rulli che consentano un adeguato ed uniforme costipamento dell'impasto, nonché la corretta finitura e sagomatura della superficie dello strato.

Dovranno pertanto essere impiegati almeno un rullo metallico di circa 8 t semovente ed a rapida inversione di marcia e, successivamente, un rullo gommato con capacità comprimente ≥ 5 N/mm^2.

La rullatura dovrà essere ripetuta fino a quando l'impasto non mostra più alcun addensamento al passaggio del rullo gommato.

L'operazione di compattazione dovrà essere interrotta nel caso in cui si manifesti una eccessiva tendenza dell'impasto al dislocamento, per temperatura troppo alta, ovvero alla fessurazione, per temperatura troppo bassa.

Sotto le riseghe dei muretti para-ballast il conglomerato dovrà essere disposto a scarpa con angolo d'inclinazione, rispetto all'orizzontale, compreso tra i 45° e i 60° oppure raccordato opportunamente. La posa in opera potrà essere eseguita a mano o per mezzo di dispositivi meccanici, avendo cura di interrompere l'applicazione del binder sia in prossimità dei varchi tra gli impalcati per consentire la posa in opera dei coprigiunti e l'escursione delle piattabande di coprigiunto, sia in prossimità degli scoli laterali sui muretti para-ballast per evitare l'occlusione delle griglie.

12.8.3.3.2 Prove sui conglomerati bituminosi

Le prove da effettuare sui conglomerati bituminosi saranno le seguenti:

Controllo della curva granulometrica

Il controllo della curva granulometrica dovrà essere eseguito ogni 500 m^3 di prodotto.

Il prelievo dovrà essere effettuato all'atto della stesa del prodotto ed il risultato delle prove di laboratorio dovrà essere conforme alle tolleranze precedentemente stabilite.

Controllo dello spessore in opera

Il controllo dello spessore in opera, evitando carote sull'impalcato, dovrà essere rilevato individuando dei riferimenti sui muretti para-ballast a +5 cm dall'estradosso delle guaine e misurando la pendenza del conglomerato stesso, rispetto al centro dell'impalcato, che dovrà essere la medesima misurata

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

precedentemente sull'impalcato prima della stesa del conglomerato.

Controllo delle caratteristiche del conglomerato bituminoso

Il controllo delle caratteristiche del conglomerato bituminoso dovrà essere effettuato con la stessa frequenza prevista per il controllo della curva granulometrica ed i risultati ottenuti dovranno essere conformi alle caratteristiche indicate in precedenza.

12.9 OPERE ACCESSORIE

12.9.1 APPARECCHI D'APPOGGIO E COPRIGIUNTI

Per quanto concerne gli apparecchi d'appoggio e i coprigiunti per opere ferroviarie, si rimanda a quanto indicato dal DM Infrastrutture del 14.01.2008, "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", e alla specifica RFI DTC INC PO SP IFS 005 A, "Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia", del 28.12.2011.

Per quanto, invece, concerne gli apparecchi d'appoggio di opere sovrappassanti la sede ferroviaria, essi devono essere progettati e realizzati in base alle indicazioni contenute nella specifica RFI DTC INC PO SP IFS 005 A sopra citata e integrate con quanto indicato nella specifica RFI DTC INC PO SP 001 A, per gli aspetti relativi al calcolo dell'escursione dei giunti e degli apparecchi d'appoggio e dell'ampiezza dei varchi.

12.9.2 RITEGNI SISMICI

Per quanto concerne i ritegni sismici per opere ferroviarie, si rimanda a quanto indicato dal DM Infrastrutture del 14.01.2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", e alla specifica RFI DTC INC PO SP IFS 005 Adel 28.12.2011 "Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia".

12.9.3 SICURVIA, RETI E PROTEZIONI

Tutte le opere di scavalco della sede ferroviaria dovranno rispettare le prescrizioni indicate nel paragrafo 2.11 della Specifica RFI DTC INC PO SP IFS 002 A.

12.9.4 ALTRE OPERE ACCESSORIE

Relativamente ai dispositivi dinamici di vincolo provvisorio, ai pendini e ad altre opere accessorie non citate in precedenza, si rimanda a quanto indicato nella specifica RFI DTC INC PO SP IFS 005 A.

12.10 OPERE PROVVISORIE

I ponti provvisori, descritti nel Manuale di progettazione di Ingegneria Civile di RFI, possono essere utilizzati per l'esecuzione di lavori al corpo stradale, quali la realizzazione di sottopassi, o per altre situazioni ove si debba garantire il sostegno provvisorio del binario.

In generale possono distinguersi:

Travate provvisorie di proprietà RFI

- Travate gemelle provvisorie;
- Travate provvisorie a cassone – Ponti Bologna.

Travate provvisorie brevettate da società esterne e presenti in tariffa PM

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- Ponte “Essen”;
- Ponte “Guido” .

Ponti componibili di proprietà RFI

- Ponti SE;
- Ponti SKB.

Sistemi di sostegno del binario presenti in tariffa PM e brevettati da società esterne

- Sistema Essen;
- Sistema Verona.

Il montaggio, l'esercizio e lo smontaggio dei diversi sistemi di sostegno del binario dovranno essere conformi a quanto riportato nella documentazione tipologica di progetto depositata presso le FERROVIE.

L’ESECUTORE redigerà e trasmetterà alla FERROVIE, la documentazione relativa alla progettazione del sistema di sostegno del binario che intende utilizzare nel caso in esame (calcoli di stabilità e disegni). Insieme al progetto, l’ESECUTORE trasmetterà il programma secondo il quale esso intende provvedere alle operazioni di montaggio, esercizio e smontaggio, nel rispetto:

- dei tempi e delle modalità operative per la realizzazione del “Sistema di sostegno” dei binari, conformemente a quanto approvato dalla FERROVIE;
- della programmazione generale dei lavori;
- delle esigenze dell'esercizio ferroviario.

Salvo diverse indicazioni contrattuali, le FERROVIE trasmetteranno all'ESECUTORE, entro 90 gg. e prima dell'inizio delle operazioni di montaggio, tutti gli elementi necessari per la progettazione del sistema di sostegno. In particolare:

- planimetria e sezioni esecutive del sottovia;
- rilievo topografico con l’indizione dell’asse dei binari;
- relazione geologica e geotecnica redatta sulle base delle indagini eseguite.

12.11 INFISSIONE A SPINTA DI MANUFATTI SCATOLARI

12.11.1 GENERALITA’

Gli elaborati di dettaglio del progetto esecutivo del monolite, del muro di spinta, della platea di varo, nonché di tutti gli altri elementi strutturali nonché la definizione delle modalità d’infissione, completi della documentazione per l’esecuzione dei controlli, dovranno essere presentati dall’ESECUTORE alle FERROVIE per l’approvazione.

La costruzione del manufatto deve essere eseguita a debita distanza dalla sede ferroviaria, in modo da non provocare soggezioni all’esercizio.

Il manufatto dovrà realizzarsi prevedendo l'estradosso della soletta superiore in c.a. ad una distanza dal piano del ferro fissata nel progetto esecutivo e, comunque, tali da consentire il corretto inserimento dei sistemi di sostegno del binario e di assicurare ad opera varata uno spessore minimo di ballast sotto le traverse previsto dalle specifiche ferroviarie.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Per quanto attiene alla costruzione delle opere in conglomerato cementizio si rimanda alla Sez. 6 "Opere di conglomerato cementizio" del presente capitolato, per quanto applicabile ai lavori di costruzione delle solette in c.a. e del monolite, così come definiti e dettagliati nel progetto.

12.11.2 PRESCRIZIONI TECNICHE

L'infissione di manufatti a spinta si rende necessaria ogni qualvolta il tracciato della linea in costruzione vada ad intersecare o ad interferire con altra opera/manufatto (strada, ferrovia, fabbricati, etc.) che non può essere spostata, definitivamente o temporaneamente, oppure nel caso in cui l'infissione sia direttamente prevista in progetto o sia richiesta dalle FERROVIE.

La realizzazione di questo tipo di opera può suddividersi nelle seguenti operazioni:

- allestimento delle opere di servizio per la prefabbricazione dell'opera d'arte e per le operazioni di varo;
- allestimento fuori opera della struttura statica monolitica prefabbricata del sottopasso.

Platea di varo e muro reggispinta

Si tratta di una struttura in cls armato che, costruita su di un lato dell'opera d'arte da sottopassare, ha tre funzioni specifiche:

- costruire la base d'appoggio; in sede provvisoria, per l'allestimento dell'opera d'arte prefabbricata;
- assicurare il contrasto alla spinta oleodinamica per il varo;
- costruire il piano di scorrimento e di guida.

La costruzione della platea di varo verrà eseguita realizzando una soletta continua in c.a. con risvolti laterali in funzione di guida al manufatto che su di essa scorrerà.

All'estremità della platea (opposta al rilevato) viene ancorato un muro reggispinta di idoneo spessore il quale è chiamato a contrastare la spinta dei martinetti, nella fase di infissione, che viene uniformemente distribuita da una trave rigida in acciaio. La parete reggispinta, deve essere dimensionata prevedendo le condizioni di carico più gravose tra quelle che possono verificarsi durante le varie fasi d'infissione del manufatto e, in funzione della tipologia dell'attrezzatura di spinta da impiegarsi, prevedendo anche la presenza di forze concentrate qualora i martinetti di spinta fossero posizionati in prossimità dei piedritti del manufatto.

Realizzata la platea, è necessario prevedere tra essa e la soletta di base del monolite la presenza di opportuno "multistrato di scorrimento" avente la funzione, oltre a separare il getto di calcestruzzo, di ridurre al minimo l'attrito tra manufatto e soletta di varo per meglio guidare il monolite durante la fase iniziale di spinta. Detto multistrato, in generale, dovrà essere composto da due fogli interni di polietilene di peso minimo 200 gr/m^2 ed eventualmente da due fogli esterni di tessuto non tessuto (a contatto uno con la soletta di varo e, l'altro, con l'intradosso della soletta di fondazione del monolite).

Nella fase di spinta, orientativamente ogni 5 m d'avanzamento, occorrerà ricreare il contrasto ai martinetti.

Per quanto riguarda le operazioni di varo del monolite, l'ESECUTORE dovrà inviare, insieme ai disegni e calcoli, il programma secondo il quale intende provvedere alle operazioni di varo.

Monolite

Sulla platea di varo viene costruito il monolite con la sezione della testata di infissione a 45° ed il perimetro sagomato a tagliente per facilitare l'avanzamento del manufatto.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Durante l'infissione del manufatto dovrà essere garantito il mantenimento della direzione assegnata da progetto, in senso planimetrico, in modo che nel corso delle operazioni di varo non si abbia una deviazione orizzontale, rispetto la posizione di progetto, superiore all'1% (uno per cento) della lunghezza della corsa di spinta; per quanto alle variazioni di quota del monolite, non è ammesso in alcun punto dello stesso uno scostamento durante l'infissione, rispetto alle ipotesi di progetto della lunghezza della corsa di spinta superiore al 0,2% (due per mille). La pendenza trasversale del manufatto, a posizionamento avvenuto, non dovrà comunque risultare superiore al 2%. Tutte le anzidette tolleranze saranno accettate nei limiti sopraindicati solo se risulteranno compatibili con l'assetto definitivo dei binari e della sede ferroviaria.

L'ESECUTORE dovrà adottare tutti gli accorgimenti necessari per impedire, durante le operazioni di scavo e di avanzamento, franamenti del terreno che possano determinare cedimenti o danni alle opere sovrastanti e latistanti la zona dei lavori; particolare cura dovrà essere posta in merito nel caso in cui non sia prevista l'interruzione d'esercizio dei manufatti da sottopassare.

Qualunque lavoro o prestazione si rendesse necessario per eliminare danni e inconvenienti di qualsiasi genere, causati dai lavori connessi con l'infissione e la traslazione del manufatto, sarà a totale carico dell'ESECUTORE. Qualora tale lavoro interessi la ferrovia, durante le fasi di scavo e di infissione del manufatto, i binari dovranno essere assicurati con idonee opere di sostegno.

Completamento dell'opera

Dopo la costruzione in opera delle opere in c.a, l'ESECUTORE deve provvedere alla seguente serie di controlli, prima e durante le operazioni di spinta:

- controllo posizionamento soletta in accordo al progetto;
- controllo installazione fogli di scorrimento in polietilene o prodotto equivalente;
- controllo della direzione assegnata da progetto, da eseguire ogni metro di infissione;
- controllo allineamenti finali del manufatto con certificazione che gli scostamenti riscontrati rientrino nelle tolleranze;
- controllo correttezza opere di demolizione, con indicazione degli eventuali danneggiamenti riscontrati e relativo programma di ripristini;
- controllo della corretta esecuzione dei ripristini.

Il manufatto verrà posto in opera con le quote previste nei progetti esecutivi.

Una volta posizionato il monolite, si procederà alla demolizione con martelli pneumatici della punta tagliente e a completamento dell'opera secondo i disegni di progetto.

12.12 INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO

Con riferimento agli interventi di consolidamento più frequenti degli impalcati e dei volti dei ponti, si prescrive quanto segue:

- Per quanto riguarda i rinforzi strutturali superficiali effettuato con calcestruzzo proiettato, lo spessore dello strato di cls dovrà essere almeno 60mm e dovrà prevedersi adeguata armatura metallica. Il trasferimento dello sforzo di taglio nell'interfaccia calcestruzzo-muratura dovrà essere realizzato attraverso tasselli di taglio fissati con resina epossidica o malta di cemento in fori praticati nella parete in muratura.
- Per quanto riguarda l'iniezione di miscele, la resina epossidica dovrà essere utilizzata per il ripristino

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

di fessure relativamente piccole (meno di 2 mm), mentre per il riempimento di grandi crepe e vuoti dovrà essere utilizzata una miscela a base di malta di cemento. Indipendentemente dal prodotto utilizzato, l'operazione di iniezione dovrà essere preceduta da un accurato lavaggio delle fessure e delle cavità da colmare con acqua, nonché da una prova di funzionalità del sistema di tubi di iniezione sempre con acqua. L'impego di resine epossidiche per il consolidamento delle murature dei volti nei ponti ad arco, dovrà essere preceduto in ogni caso da iniezioni di miscela cementizia e dovrà essere eseguita esclusivamente all'interno della muratura, evitando con una accurata scelta della pressione di iniezione e della lunghezza dei fori, che non dovranno superare i 3/4 dello spessore del volto, la fuoriuscita di resina nel materiale di riempimento e di rinfianco. Il diametro del foro di iniezione non dovrà essere superiore a 15 mm. Le miscele da iniettare dovranno essere realizzate mediante mescolatore meccanico idoneo a garantire la massima omogeneizzazione dei componenti. Il contenuto di acqua nella miscela dovrà essere in generale limitato al minimo indispensabile per ottenere la desiderata fluidità della miscela da iniettare. Le iniezioni dovranno essere eseguite alla pressione che sarà indicata nel progetto di intervento, in relazione al tipo e consistenza delle strutture da iniettare. In ogni caso, durante l'iniezione nelle murature si dovrà aumentare la pressione gradualmente fino a raggiungere la pressione finale o di rifiuto, con l'avvertenza di non provocare danni alle murature stesse.

- Tutte le strutture metalliche provvisorie o permanenti poste a sostegno degli impalcati (ad esempio le centinature metalliche) dovranno essere conformi a quanto indicato nella specifica RFI DTC INC PO SP IFS 001 A, "Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario", e nell'Istruzione 44 M – "Specifica tecnica relativa al collaudo dei materiali ed alla costruzione delle travate metalliche e miste acciaio – calcestruzzo per ponti ferroviari e cavalcaferrovia". Tutte le miscele cementizie impiegate negli interventi di consolidamento dovranno rispettare quanto indicato nella sezione 6 del presente capitolato, "Opere in conglomerato cementizio". Nella progettazione degli interventi di consolidamento dovrà rispettarsi quanto contenuto nel DM Infrastrutture del 14.01.2008, "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" e nella Circolare 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni».

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI

PARTE II - SEZIONE 13
SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI

13.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
13.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
13.3. DEFINIZIONI
13.4. ABBREVIAZIONI
13.5. PAVIMENTAZIONI PER INTERPORTI
13.6. PAVIMENTAZIONI DI TIPO RIGIDO IN CALCESTRUZZO
13.7. PAVIMENTAZIONI STRADALI
13.8. SUB – BALLAST
13.8. PAVIMENTAZIONI DI OPERE STRADALI ACCESSORIE

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica	Autorizzazione
A	30/06/2014	Emissione per Applicazione	D. Magnifico	F. Iacobini	P. Firmi

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

INDICE

13.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE 4
13.1.1. CAMPO DI APPLICAZIONE 4
13.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO 4
13.2.1. NORMATIVA NAZIONALE 4
13.2.2. NORMATIVA TECNICA 5
13.3. DEFINIZIONI 9
13.4. ABBREVIAZIONI 10
13.5. PRESCRIZIONI GENERALI 10
13.5.1. TIPI DI MATERIALI 10
13.5.2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI 10
13.6. ONERI 11
13.6.1. CONTROLLI 12
13.6.2. PREAVVISI 13
13.7. PAVIMENTAZIONI PER INTERPORTI 14
13.7.1. PAVIMENTAZIONE COSTITUITA DA UNO STRATO DI MISCELA CATALIZZATA E DA UNO STRATO DI CONGLOMERATO BITUMINOSO 14
13.7.1.1. Strato di fondazione e base in miscela catalizzata 14
13.7.1.1.1. Caratteristiche dei materiali 14
13.7.1.1.2. Confezionamento 15
13.7.1.1.3. Trasporto e posa in opera 16
13.7.1.1.4. Compattazione 16
13.7.1.1.5. Prove in sito 16
13.7.1.1.6. Controlli dei materiali 17
13.7.1.1.7. Prove in sito e criteri di accettazione 17
13.7.1.1.8. Caratteristiche finali 18
13.7.1.2. Conglomerato bituminoso 18
13.7.2. PAVIMENTAZIONE DI TIPO RIGIDO IN CALCESTRUZZO 19
13.7.2.1. Indagini preliminari 19
13.7.2.2. Strato di fondazione in misto granulare cementato 19
13.7.2.3. Rivestimento in lastre di calcestruzzo armato 19
13.7.2.3.1. Caratteristiche del conglomerato cementizio e controlli in corso d'opera 19
13.7.2.3.2. Controlli finali 20
13.8 PAVIMENTAZIONI STRADALI 21
13.8.1. TIPOLOGIE E CARATTERISTICHE DELLE PAVIMENTAZIONI 21
13.8.2. LEGANTI 23
13.8.2.1. Leganti bituminosi di base e modificati 23
13.8.2.1.1. Bitumi di base 23

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

13.8.2.1.2. Bitumi modificati ... *23*
13.8.2.2. Emulsioni bituminose ... 25
13.8.2.2.1. Emulsioni bituminose per mano di attaccocationiche non modificate ... *25*
13.8.2.3. Utilizzo di additivi ... 26
13.8.3. STRATO DI ANTICAPILLARE ... 26
13.8.4. SOVRASTRUTTURA STRADALE ... 27
13.8.4.1. Fondazione in misto cementato confezionato in centrale ... 27
13.8.4.1.1. Formazione e confezione delle miscele ... *27*
13.8.4.1.2. Posa in opera ... *27*
13.8.4.1.3. Protezione superficiale ... *28*
13.8.4.1.4. Norme di controllo delle lavorazioni ... *28*
13.8.4.2. Misto granulare stabilizzato per fondazione e sottofondazione ... 28
13.8.4.2.1. Caratteristiche dei materiali da impiegare ... *29*
13.8.4.2.2. Studio preliminare ... *30*
13.8.4.2.3. Modalità esecutive ... *30*
13.8.4.3. Strati in conglomerato bituminoso di base, binder e usura ... 31
13.8.4.3.1. Leganti bituminosi,emulsioni e loro modificati ... *31*
13.8.4.3.2. Materiali inerti ... *31*
13.8.4.3.3. Strato di base ... *32*
13.8.4.3.4. Strato di collegamento (binder) e strato di usura ... *38*
13.9. SUB – BALLAST ... 43
13.9.1. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI COSTITUENTI ... 43
13.9.1.1. Materiali inerti ... 43
13.9.1.2. Aggregati ... 43
13.9.1.3. Legante bituminoso, caratteristichedi confezionamento e controllo delle miscele ... 44
13.9.2. MISCELA ... 45
13.9.3. CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE ... 46
13.9.4. CONFEZIONE DELLE MISCELE ... 47
13.9.5. TRASPORTO E POSA IN OPERA DELLE MISCELE ... 48
13.9.6. CONTROLLI FINALI ... 49
13.10. PAVIMENTAZIONI DI OPERE STRADALI ACCESSORIE ... 52
13.10.1. MARCIAPIEDI ... 52
13.10.1.1. Parcheggi ... 53

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

13.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione del capitolato ha per scopo la definizione delle modalità operative per l'esecuzione e per il controllo delle lavorazioni relative alla realizzazione delle pavimentazioni stradali e del sub-ballast ferroviario. In particolare sono fornite le prescrizioni per l'esecuzione dei lavori relativi a:

- pavimentazioni per interporti;
- pavimentazioni stradali;
- pavimentazione di opere stradali accessorie;
- sub-ballast ferroviario.

13.1.1. CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione di capitolato si applica per la realizzazione delle pavimentazioni per interporti, pavimentazioni stradali e di opere stradali accessorie, nonché nella realizzazione del sub-ballast ferroviario.

13.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

13.2.1. NORMATIVA NAZIONALE

- Legge 05 novembre 1971, n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche"
- Legge 4 agosto 1984, n. 464 "Norme per agevolare l'acquisizione da parte del Servizio geologico della Direzione generale delle miniere del Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, di elementi di conoscenza relativi alla struttura geologica e geofisica del sottosuolo nazionale"
- D.Lgs. 30 aprile 1992, n. 285 "Nuovo codice della strada"
- D.P.R. 16 dicembre 1992, n. 495 "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada"
- D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246 "Regolamento di attuazione della Direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione"
- Legge 21 dicembre 2001, n. 443 "Delega al Governo in materia di infrastrutture ed insediamenti produttivi strategici ed altri interventi per il rilancio delle attività produttive (legge obiettivo)"
- D.P.R. 06 giugno 2001, n. 380 "Testo unico per l'edilizia"
- D.Lgs. 12 aprile 2006, n. 163 "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE"
- D.M. Infrastrutture 11 aprile 2007 "Applicazione della Direttiva n. 89/106/CE sui prodotti da costruzione recepita con DPR 21/04/1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità di aggregati"
- D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare 02 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008"
- D.M. Infrastrutture e Trasporti 16 novembre 2009 "Applicazione della Direttiva n. 89/106/CE sui prodotti da costruzione recepita con DPR 21/04/1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità di aggregati"

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- D.P.R. 05 ottobre 2010, n. 207 "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE"

13.2.2. NORMATIVA TECNICA

Aggregati

- UNI EN 932-1/1998 "Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati. Metodi di campionamento"
- UNI EN 932-2/2000 "Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati - Metodi per la riduzione dei campioni di laboratorio"
- UNI EN 932-3/2004 "Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata"
- UNI EN 933-1/2012 "Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Determinazione della distribuzione granulometrica per stacciatura"
- UNI EN 933-2/1997 "Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Determinazione della distribuzione granulometrica - Stacci di controllo, dimensioni nominali delle aperture"
- UNI EN 933-3/2012 "Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Determinazione della forma dei granuli - Indice di appiattimento"
- UNI EN 933-4/2008 "Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - determinazione della forma dei granuli - Indice di forma"
- UNI EN 933-5/2006 "Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Determinazione della percentuale di superfici frantumate negli aggregati grossi"
- UNI EN 933-7/2000 "Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Determinazione del contenuto di conchiglie - Percentuale di conchiglie negli aggregati grossi"
- UNI EN 933-8/2012 "Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati – Valutazione dei fini - Prova dell'equivalente in sabbia"
- UNI EN 933-9/2013 "Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati – Valutazione dei fini - Prova del blu di metilene"
- UNI EN 933-10/2009 "Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 10: Valutazione dei fini - Granulometria dei filler (setacciatura a getto d'aria)"
- UNI EN 1097-2/2010 "Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati – Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione"
- UNI EN 1097-3/1999 "Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione della massa volumica in mucchio e dei vuoti intergranulari"
- UNI EN 1097-6/2013 "Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua"
- UNI EN 1097-7/2008 "Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione della massa volumica del filler - Metodo con picnometro"
- UNI EN 1097-8/2009 "Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 8: Determinazione del valore di levigabilità"
- UNI EN 1367-1/2007 "Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati - Determinazione della resistenza al gelo e disgelo"
- UNI EN 1367-3/2002 "Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- Prova di bollitura per basalto "Sonnenbrand""

- UNI EN 1744-1/2013 "Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati - Analisi chimica"
- UNI EN 1926/2007 "Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale"
- UNI EN 1936/2007 "Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione delle masse volumiche reale e apparente e della porosità totale e aperta"
- UNI 11531-1/2014 "Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture. Criteri per l'impiego dei materiali. Parte-1 Terre e miscele di aggregati non legati"
- UNI EN 12370/2001 "Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza alla cristallizzazione dei sali"
- UNI EN 12371/2010 "Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza al gelo
- UNI EN 13043/2004 Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico"
- UNI EN 13055-1/2003 "Aggregati leggeri - Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta per iniezione"
- UNI EN 13055-2/2005 "Aggregati leggeri - Parte 2: Aggregati leggeri per miscele bituminose, trattamenti superficiali e per applicazioni in strati legati e non legati"
- UNI EN 13179-1/2013 "Prove sugli aggregati complementari (filler) usati nelle miscele bituminose - Prova con anello e biglia"
- UNI EN 13242/2008 "Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade"
- UNI EN 13286-2/2010 "Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 2: Metodi di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Costipamento Proctor"
- UNI EN 13286-47/2012 "Miscele non legate e legate con leganti idraulici: Metodo di prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR, dell'indice di portanza immediata e del rigonfiamento
- UNI EN 13755/2008 pressione atmosferica Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione dell'assorbimento d'acqua a pressione atmosferica"
- UNI CEN ISO/TS 17892-10/2005 "Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 10: Prove di taglio diretto"
- CNR UNI 10014/1964 "Prove sulle terre. Determinazione dei limiti di consistenza (o di Atterberg) di una terra"
- CNR B.U. n. 9/67 "Determinazione del modulo di deformazione di un sottofondo, di uno strato di fondazione o di uno strato di base"
- CNR B.U. n. 22/72 "Peso specifico apparente di una terra in sito"
- CNR B.U. n. 69/78 "Norme sui materiali stradali. Prova di costipamento di una terra"
- CNR B.U. n. 137/92 "Norme sugli aggregati. Determinazione del coefficiente di imbibizione"
- CNR B.U. n. 139/92 "Norme sugli aggregati: criteri e requisiti di accettazione degli aggregati impiegati nelle sovrastrutture stradali"
- CNR B.U. n. 146/92 "Determinazione dei moduli di deformazione Md e Md' mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare"

Leganti idraulici

- UNI EN 197-1/2011 "Cemento - Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

comuni."

- UNI EN 197-2/2014 "Cemento - Valutazione della conformità"
- UNI EN 459-1/2010 "Calci da costruzione - Definizioni, specifiche e criteri di conformità"
- UNI ENV 13282 "Leganti idraulici per impieghi stradali - Composizione, specificazioni e criteri di conformità"
- UNI EN 14227-5/2013 "Miscele legate con leganti idraulici - Specifiche - Parte 5: Miscele legate con
- leganti idraulici per strade"
- UNI EN 14227-13/2006 "Miscele legate con leganti idraulici - Specifiche - Parte 13: Terra trattata con legante idraulico per strade"
- ISO/DIS 7031 - Penetrazione all'acqua -

Leganti bituminosi

- UNI EN 58/2012 "Bitume e leganti bituminosi - Campionamento di leganti bituminosi"
- UNI EN 1425/2006 "Bitume e leganti bituminosi - Caratterizzazione delle proprietà sensoriali"
- UNI EN 1426/2007 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della penetrazione con ago
- UNI EN 1427/2007 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del punto di rammollimento - Metodo biglia e anello"
- UNI EN 1428/2012 "Bitume e leganti bituminosi - Determinazione del contenuto di acqua nelle emulsioni bituminose - Metodo di distillazione azeotropica"
- UNI EN 1429/2009 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del residuo alla setacciatura di emulsioni bituminose e determinazione della stabilità allo stoccaggio per setacciatura"
- UNI EN 1430/2009 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della polarità delle particelle delle emulsioni bituminose"
- UNI EN 1431/2009 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione mediante distillazione del legante recuperato e degli oli flussanti nelle emulsioni bituminose"
- UNI EN 12591/2009 "Bitumi e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali"
- UNI EN 12592/2007 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della solubilità"
- UNI EN 12593/2007 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del punto di rottura secondo il metodo Fraass"
- UNI EN 12594/2007 "Bitumi e leganti bituminosi - Preparazione dei campioni di prova"
- UNI EN 12595/2007 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della viscosità cinematica"
- UNI EN 12596/2007 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della viscosità dinamica con capillare sotto vuoto"
- UNI EN 12597/2002 "Bitume e leganti bituminosi – Terminologia"
- UNI EN 12606-1/2007 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del contenuto di paraffina - Parte 1/ Metodo per distillazione"
- UNI EN 12606-2/2001 "Bitume e leganti bituminosi - Determinazione del contenuto di paraffina - Metodo per estrazione"
- UNI EN 12607-1/2007 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della resistenza all'indurimento per effetto del calore e dell'aria - Parte 1: Metodo RTFOT"
- UNI EN 12607-2:2007 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della resistenza all'indurimento per effetto del calore e dell'aria - Parte 2: Metodo TFOT"
- UNI EN 12607-3/2007 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della resistenza all' indurimento per effetto del calore e dell'aria - Parte 3: Metodo RFT"
- UNI EN 12846-1/2011 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del tempo di efflusso con

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

viscosimetro ad efflusso - Parte 1: Emulsioni bituminose"

- UNI EN 12847/2009 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della tendenza alla sedimentazione di emulsioni bituminose"
- UNI EN 12848/2009 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della stabilità alla miscelazione con cemento delle emulsioni bituminose"
- UNI EN 12849/2009 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del potere di penetrazione delle emulsioni bituminose"
- UNI EN 12850/2009 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del valore di pHdelle emulsioni bituminose"
- UNI EN 13302/2010 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della viscosità dinamica di un legante bituminoso utilizzando un viscosimetro rotante"
- UNI EN 13304/2009 "Bitumi e leganti bituminosi - Quadro di riferimento per la specifica dei bitumi ossidati"
- UNI EN 13305/2009 "Bitumi e leganti bituminosi - Quadro di riferimento per la specifica dei bitumi industriali duri"
- UNI EN 13075-1/2012 "Bitume e leganti bituminosi - Determinazione del comportamento alla rottura - Parte 1/ Determinazione dell'indice di rottura di emulsioni bituminose cationiche, metodo del filler minerale"
- UNI EN 13075-2/2009 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del comportamento alla rottura - Parte 2/ Determinazione del tempo di miscelazione dei fini di emulsioni bituminose cationiche"
- UNI EN 13398/2010 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del ritorno elastico di un bitume modificato"
- UNI EN 13399/2010 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della stabilità allo stoccaggio di bitumi modificati"
- UNI EN 13587/2010 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione delle caratteristiche di trazione di leganti bituminosi mediante il metodo di prova della trazione"
- UNI EN 13589/2008 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione delle caratteristiche a trazione dei bitumi modificati, utilizzando il metodo della trazione tramite duttilometro"
- UNI EN 13702/2010 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della viscosità dinamica di un bitume modificato mediante il metodo cono-piatto"
- UNI EN 13703/2004 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione dell'energia di deformazione"
- UNI EN 13808/2005 "Bitumi e leganti bituminosi - Quadro delle specifiche per le emulsioni cationiche bituminose"
- UNI EN 14733/2010 "Bitumi e leganti bituminosi - Controllo della produzione in fabbrica di bitumi in emulsioni, di bitumi flussati e fluidificati"
- UNI EN 14023/2010 "Bitumi e leganti bituminosi - Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi modificati da polimeri"

Conglomerati bituminosi

- UNI EN 12697 parte 1÷44 - Normativa Europea per le miscele bituminose -
- UNI EN 13108-1/2006 "Miscele bituminose - Specifiche del materiale - Parte 1: Conglomerato bituminoso prodotto a caldo"
- UNI EN 13108-2/2006 "Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 2: Conglomerato bituminoso per strati molto sottili"

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- UNI EN 13108-3/2006 "Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 3: Conglomerato con bitume molto tenero"
- UNI EN 13108-4/2006 "Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 4: Conglomerato bituminoso chiodato"
- UNI EN 13108-5/2006 "Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 5: Conglomerato bituminoso antisdrucciolo chiuso"
- UNI EN 13108-6/2006 "Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 6: Asfalto colato"
- UNI EN 13108-20/2006 "Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 20: Prove di tipo"
- UNI EN 13108-21/2006 "Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 21:Controllo di produzione di fabbrica"
- CNR B.U. n.136/91 "Norme sulle miscele di aggregati e leganti idrocarburici. Determinazione della deformazione (impronta) di miscele di aggregati lapidei e bitume sotto carico statico"

Geotessili non tessuto

- UNI 8279-14/1985 "Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione della resistenza al punzonamento e della deformazione a rottura (metodo della penetrazione)"
- UNI EN ISO 9864/2005 "Geosintetici - Determinazione della massa areica di geotessili e prodotti affini"
- UNI EN ISO 10319/2008 "Geosintetici - Prova di trazione a banda larga"
- UNI EN ISO 12236/2006 "Geosintetici - Prova di punzonamento statico (metodo CBR)"
- CNR B.U. n.110/85 "Norme sui geotessili: determinazione della massa per unità di superficie di un geotessile"
- CNR B.U. n. 142/92 "Norme sui geotessili: prova di trazione sui geotessili non tessuti"
- CNR B.U. n. 143/92 "Norme sui geotessili: determinazione della resistenza alla lacerazione"

Norme varie

- UNI EN 1338/2004 "Masselli di calcestruzzo per pavimentazione - Requisiti e metodi di prova"

13.3. DEFINIZIONI

Contratto: contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l'acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l'esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla stazione appaltante
Direzione Lavori: ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali
Direttore dei lavori: soggetto che ha la responsabilità del coordinamento e della supervisione dell'attività di tutto l'ufficio di direzione dei lavori, ed interloquisce in via esclusiva con l'ESECUTORE in merito agli aspetti tecnici ed economici del contratto. Cura che i lavori siano eseguiti a regola d'arte ed in conformità al progetto e al contratto
ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor ,Contraente Generale)
FERROVIE: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (es. Direzione Lavori, Alta Sorveglianza)
Produttore: il fornitore, fabbricante, trasformatore oppure importatore di materiali
Prova: forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni della direzione lavori

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

13.4. ABBREVIAZIONI

- **RFI:** Rete Ferroviaria Italiana S.p.A.;
- **DL:** Direzione lavori;

13.5. PRESCRIZIONI GENERALI

13.5.1. TIPI DI MATERIALI

I materiali da impiegare per i lavori di cui all'appalto dovranno corrispondere, come caratteristiche, a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia, a quanto indicato nel successivo paragrafo "caratteristiche dei materiali", a quanto riportato in ogni richiesta prescrittiva di cui al presente Capitolato o documento di progetto.

In ogni caso i materiali e le loro miscele prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei e accettati dalla Direzione dei Lavori.

I materiali dovranno provenire da località o siti di produzione che l'ESECUTORE riterrà di sua convenienza, purché rispondano ai requisiti del presente Capitolato.

Quando la Direzione dei Lavori rifiuta una qualsiasi provvista come non idonea all'impiego, l'ESECUTORE dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche indicate in progetto; i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese dello stesso ESECUTORE.

Malgrado l'accettazione dei materiali da parte della Direzione dei Lavori (DL), l'ESECUTORE resta totalmente responsabile della riuscita - prestazione delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

13.5.2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Con riferimento a quanto stabilito nel § 13.5.1, i materiali di base da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti di seguito fissati.

Per ciò che riguarda le loro miscele e lavorazioni valgono le prescrizioni o le indicazioni prestazionali contenute negli appositi articoli.

La scelta di un tipo di materiale nei confronti di un altro o tra i diversi tipi dello stesso materiale, sarà fatta, nei casi non definiti inequivocabilmente dal presente Capitolato o dal progetto, in base al giudizio di FERROVIE.

I conglomerati bituminosi per essere ritenuti idonei e quindi impiegabili, dovranno essere dotati obbligatoriamente di marcatura CE.

Analogamente, come meglio specificato nel paragrafo relativo, gli aggregati dovranno essere dotati di marcatura CE anche quando non utilizzati come componente del conglomerato bituminoso.

Di seguito si riporta un esempio di marchio CE relativo al conglomerato bituminoso.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

CE

n.organismo notificato

SOCIETA'

08

n. certificato

EN 13108-1

Conglomerato Bituminoso per strade, piste aeroportuali e altre aree trafficate

CB 12,5 USURA BM 50/70

Impianto di xxxxxxx

Requisiti generali + Requisiti empirici

Contenuto di vuoti				
– massimo	V_{max}	NPD		
– minimo	V_{min}	NPD		
Minimo di vuoti riempiti da bitume	VFB_{min}	NPD		
Massimo di vuoti riempiti da bitume	VFB_{max}	NPD		
Vuoti nell'aggregato minerale	VMA_{min}	NPD		
Contenuto di vuoti dopo 10 rotazioni	**$V10G_{min}$**	**11**		
Sensibilità all'acqua	ITSR	NPD		
Resistenza all'abrasione da pneumatici scolpiti (chiodati):	Abr_A	NPD		
Reazione al fuoco	Euroclass	NPD		
Temperatura della miscela	**da**	**140°C**	**a**	**180°C**
Granulometria:				
(passante al setaccio)	**16**	**100%**		
	12,5	**95%**		
	8	**80%**		
	4	**49%**		
	2	**31%**		
	0,5	**15%**		
	0,25	**12%**		
	0,063	**8,0%**		
Contenuto di legante	**B_{min}**	**4,6%**		
Valori Marshall				
minima stabilità	S_{min}	NPD		
massima stabilità	P_{max}	NPD		
scorrimento	F	NPD		
minima rigidezza	Q_{min}	NPD		
Resistenza alla deformazione permanente				
Dispositivo grande: profondità del solco	P	NPD		
Dispositivo piccolo: pendenza del solco	WTS_{AIR}	NPD		
Dispositivo piccolo: profondità del solco	PRD_{AIR}	NPD		

Condizioni di prova determinate secondo la UNI EN 13108-20

13.6. ONERI

Rientrano tra gli oneri dell'ESECUTORE tutti quelli diretti e indiretti derivanti dall'applicazione delle presenti prescrizioni esecutive, in particolare:

- l'ESECUTORE dovrà eseguire o far eseguire tutte le prove e i controlli previsti dalle presenti prescrizioni, così come quelli integrativi, che la Direzione Lavori (DL) ritenesse necessarie; a tal scopo dovrà fornire la manodopera, le attrezzature, le opere provvisionali, i ponteggi in quantità e tipologie adeguate all'esecuzione delle prove medesime.
- per consentire l'effettuazione delle prove in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori,

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

l'ESECUTORE dovrà disporre di uno o più laboratori attrezzati per la esecuzione delle prove previste. L'eventuale laboratorio di cantiere dovrà avvalersi di personale qualificato e numericamente adeguato al numero e tipo di prove da eseguire; la DL si riserva la facoltà di verificare la sufficienza di dette prove qualora le ritenga non adeguate per i controlli di produzione.

- poiché la produzione e posa in opera del conglomerato bituminoso è equiparato ad un "processo speciale" (Norma UNI EN ISO 9001, p.4.9) gli addetti alla produzione e alla posa in opera dovranno essere stati prequalificati, a cura dell'ESECUTORE o del produttore secondo idonee procedure, approvate dal Direttore dei Lavori, che prevedano almeno le seguenti attività di istruzione:
  - elaborazione di nozioni tecniche (tecnologia, sicurezza, manutenzione attrezzature);
  - addestramento teorico – pratico.
- l'ESECUTORE dovrà provvedere a tutti gli adempimenti (autorizzazioni, deviazioni temporanee, ripristini, collaudo di Enti preposti, etc) previsti dalle normative vigenti relativamente alla effettuazione dei lavori e all'esercizio della viabilità ordinaria;
- l'ESECUTORE dovrà provvedere alla fornitura e al trasporto dei materiali provenienti da cave esterne in aggiunta a quelli eventualmente provenienti dagli scavi.
- la ricerca e il reperimento delle cave, quando non già indicate in progetto, dovranno essere basati su un'accurata valutazione temporale e quantitativa dei materiali necessari da sottoporre alla Direzione Lavori per il preventivo benestare almeno 30 giorni prima dell'inizio dei lavori.
- prima di dare inizio ai lavori l'ESECUTORE dovrà comunicare alla Direzione Lavori (DL) l'ubicazione degli impianti di provenienza dei materiali trattati o premiscelati che saranno utilizzati per realizzare le opere previste nelle presenti prescrizioni.
- l'ESECUTORE dovrà condurre le indagini necessarie ad accertare l'eventuale presenza di manufatti interrati di qualsiasi natura (cunicoli, tubazioni, cavi, etc.) che possano interferire con le opere da realizzare o che possano essere danneggiati o comunque arrecare danno durante l'effettuazione dei lavori. Tali indagini e le eventuali rimozioni e modifiche da eseguire dovranno in ogni caso essere completate prima dell'inizio delle lavorazioni.
- l'ESECUTORE dovrà verificare che il numero, la potenza e la capacità operativa delle attrezzature siano tali da consentire una produttività congruente con i programmi di lavoro previsti.
- nel caso in cui durante il corso dei lavori l'ESECUTORE ritenga opportuno variare le metodologie esecutive precedentemente approvate sarà sua cura effettuare le nuove prove preliminari eventualmente necessarie al fine di ottenere l'autorizzazione della Direzione Lavori.
- ai fini dell'attività di collaudo tutte le prove disposte, per la verifica del rispetto del presente Capitolato, saranno a cura e spese dell'ESECUTORE secondo quanto previsto dal DPR 207/2010 e s.m.i..

13.6.1. CONTROLLI

Ogni strato della pavimentazione stradale o del sub-ballast dovrà essere sottoposto alle prove di controllo prescritte nel presente Capitolato; soltanto dopo l'esecuzione delle suddette prove potrà essere posto in opera lo strato successivo.

Il numero delle prove previste dal presente Capitolato è da considerarsi il minimo previsto; la quantità delle stesse potrà essere incrementata su richiesta della DL.

L'ESECUTORE sarà obbligato a prestarsi in ogni tempo all'esecuzione di prove sui materiali impiegati o da impiegare, sottostando a tutte le spese connesse per il prelievo, la formazione e l'invio di campioni a laboratori "ufficiali" o "autorizzati" ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n. 380. In ogni caso l'ESECUTORE dovrà garantire l'accesso del personale di FERROVIE al suddetto laboratorio affinché possa essere verificata l'idoneità del laboratorio alle prove previste, la taratura delle apparecchiature utilizzate e sia

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

possibile presenziare eventualmente all'esecuzione delle prove. Rimane facoltà di FERROVIE richiedere la sostituzione del laboratorio scelto per l'esecuzione delle prove qualora ci sia evidenza della non corretta attuazione delle procedure di prova secondo la normativa tecnica di riferimento o per difformità di taratura delle apparecchiature o per evidenza di comportamenti non conformi ai principi della deontologia professionale, nonché per carenza delle autorizzazioni di legge, laddove previste.

I campioni di materiale verranno prelevati in contraddittorio. Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nei locali indicati dalla Direzione dei Lavori, previa apposizione di sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'ESECUTORE e nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione.

13.6.2. PREAVVISI

Durante l'esecuzione di opere che per effetto di operazioni successive possano rendersi inaccessibili o comunque non ispezionabili, l'ESECUTORE dovrà sempre dare la prescritta informazione alla Direzione lavori prima di procedere con le fasi successive; nel caso in cui l'ESECUTORE non ottemperasse a quanto sopra la Direzione Lavori potrà richiedere di mettere a nudo le parti occultate o di rendere comunque accessibili le opere non ispezionate.

Le prestazioni necessarie per quanto sopra dovranno essere eseguite a cura e spese dell'ESECUTORE.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

13.7. PAVIMENTAZIONI PER INTERPORTI

13.7.1. PAVIMENTAZIONE COSTITUITA DA UNO STRATO DI MISCELA CATALIZZATA E DA UNO STRATO DI CONGLOMERATO BITUMINOSO

13.7.1.1. Strato di fondazione e base in miscela catalizzata

Lo strato di fondazione e di base dovrà essere costituito da una miscela catalizzata composta da sabbie a granulometria controllata, loppa d'altoforno e catalizzatore specifico di presa a base di calce, miscelati in apposito impianto centralizzato a produzione continua con dosatori a volume.

Lo strato finito dovrà avere lo spessore definito in sede di progetto della struttura e dipendente dalle caratteristiche del terreno costituente il piano di posa della pavimentazione.

Lo strato di fondazione e base dovrà essere eseguito tenendo conto della possibilità che al di sotto di esso possano essere installate canalizzazioni e condutture per la posa di cavi e che da dette canalizzazioni possano emergere, nel numero e secondo le indicazioni della Direzione Lavori, idonei pozzetti di ispezione, di alloggiamento di prese di alimentazione per vagoni, ecc.

Secondo le indicazioni della Direzione Lavori lo strato dovrà essere interrotto in corrispondenza di fondazioni per torri faro o eventuali altre strutture, intendendosi l'onere compreso e compensato nel prezzo al metro quadrato della pavimentazione.

13.7.1.1.1. Caratteristiche dei materiali

a) Aggregato

L'Aggregato dovrà rispondere alla norma UNI EN 13242, UNI 11531-1e CNR BU n. 139 del 15/10/92. Ai fini del suo impiego dovrà essere dotato di marcatura CE come per legge, essere costituito da materiali provenienti da cava o da frantumazione, miscelati in percentuali tali da ottenere una curva granulometrica continua con le seguenti caratteristiche:

- elementi con dimensione compresa tra 0 e 7 mm, con eventuale presenza di una frazione di ghiaietto (15/20 mm), privi di forma appiattita, allungata o lenticolare;
- perdita in massa alla prova Los Angeles, eseguita sulla pezzatura più grossa dell'aggregato secondo la Norma UNI EN 1097-2, inferiore al 35%;
- plasticità nulla, elementi generalmente puliti, aventi un equivalente in sabbia secondo la UNI EN 933-8 e 9 non inferiore a 30;
- assenza di sostanze organiche (UNI EN 1744-1).

L'aggregato correttivo della granulometria, rispondente alle norme UNI EN 13242, UNI 11531-1 e CNR BU n. 139 del 15/10/92, dovrà essere di norma ricavato mediante frantumazione di rocce calcaree.

Esso dovrà essere aggiunto in misura variabile all'aggregato base nei casi in cui la curva granulometrica di quest'ultimo risulti discontinua.

Qualora l'aggregato correttivo non abbia una sufficiente percentuale di fino dovrà prevedersi l'uso del filler.

b) Legante

Dovrà essere impiegata loppa d'alto forno di recente produzione, nella misura compresa tra il 10-15% della massa totale della miscela.

La loppa, inizialmente granulata (da 0/3 a 0/5 mm), dovrà presentarsi, dopo la frantumazione, come una

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

sabbia 0/2 mm e tale da garantire un passante al setaccio 0,063 pari a circa il 10%.

c) Catalizzatore di presa

Dovrà essere in misura dell'1% della massa secca della miscela.

L'ESECUTORE dovrà proporre alla Direzione Lavori il catalizzatore più adatto alla natura chimica dei costituenti la miscela.

d) Acqua

Dovrà essere esente da oli, acidi, alcali, materia organica in quantità superiore allo 0,2% e da qualsiasi altra sostanza nociva; la quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottimale di costipamento, con una tolleranza compresa tra -1% e +3% della massa della miscela. In caso di dubbio la Direzione Lavori richiederà la verifica di idoneità ai sensi della norma UNI EN 1008.

All'acqua d'impasto potrà essere aggiunto, in particolari condizioni climatiche o di posa in opera e in ogni caso quando la Direzione Lavori lo riterrà opportuno, un accelerante di presa: l'ESECUTORE dovrà proporre alla Direzione Lavori l'accelerante più idoneo e il suo dosaggio, in relazione alle caratteristiche di maturazione richieste.

e) Miscela

L'ESECUTORE è tenuto a presentare alla Direzione Lavori, per preventiva accettazione, lo studio della miscela catalizzata che intende porre in opera, nonché le verifiche strutturali atte a dimostrare l'idoneità degli spessori di progetto in funzione dei parametri di resistenza e deformabilità caratteristici della miscela stessa.

Lo studio della miscela dovrà comunque garantire i seguenti parametri meccanici minimi:

- Rt (resistenza a trazione indiretta): 0,5 N/mm²;
- Rc (resistenza a compressione): 4 N/mm²;
- E (modulo elastico): 5.000 N/mm².

Tali valori minimi sono riferiti a sei mesi di maturazione alla temperatura costante di 20° C.

Ai fini dei controlli del comportamento globale della miscela catalizzata di cui al successivo punto 13.7.1.1.8 "caratteristiche finali", lo studio dovrà fornire chiare indicazioni sull'evoluzione dei parametri meccanici minimi utilizzati nella progettazione, con particolare riferimento a quelli ottenibili alle scadenze di sei mesi e un anno di maturazione della miscela in opera.

13.7.1.1.2. Confezionamento

L'impianto di miscelazione dovrà essere di tipo continuo, centralizzato, con dosatura a volume degli aggregati, della loppa e dell'acqua; la dosatura del catalizzatore e dell'eventuale filler dovrà essere realizzata con coclea alimentata da sili a velocità opportunamente regolata e di adeguato grado di precisione.

La dosatura effettiva degli aggregati, della scoria e del catalizzatore dovrà essere realizzata con la precisione del 3%.

Le tarature dovranno essere effettuate all'inizio del lavoro e successivamente verificate mensilmente o tutte le volte che la DL lo richieda sulla base di giustificati motivi tecnici.

Il dosaggio effettivo dell'acqua dovrà tenere conto del contenuto di umidità proprio dei costituenti della miscela e sarà funzione delle condizioni climatiche che si possono verificare sul luogo di confezionamento e della posa in opera; tale dosatura dovrà avvenire con la precisione del 2%.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

I dispositivi di misura di tutti i costituenti la miscela dovranno essere di tipo individuale.

Nel caso in cui lo studio della miscela preveda la loppa macinata, l'impianto sopra descritto dovrà essere corredato da un mulino centrifugo equipaggiato da una tramoggia d'alimentazione e nastro per l'accumulo.

La produzione e la posa in opera della miscela catalizzata dovrà essere sospesa nel caso che la temperatura scenda al di sotto 5° C, salvo diverse disposizioni che la Direzione Lavori e il Progettista potranno dare, prescrivendo, in tal caso gli accorgimenti cautelativi da adottare; per questo titolo l'ESECUTORE non potrà avanzare richiesta alcuna di maggiori compensi.

La Direzione Lavori potrà, ogni qualvolta lo riterrà opportuno e con frequenza da lui prefissata, controllare la dosatura effettiva all'atto della sua confezione: la dosatura dei singoli costituenti dovrà risultare conforme a quella indicata nello studio preliminare qualificato con una tolleranza di più o meno il 3%.

13.7.1.1.3. Trasporto e posa in opera

Il trasporto della miscela catalizzata, tra l'impianto di miscelazione e il cantiere, sarà eseguito con autocarri ordinari e in numero sufficiente al fine di evitare soste della centrale di produzione.

La miscela dovrà essere stesa sul piano di posa finito o sullo strato precedente dopo che sia stata accertata, dalla Direzione Lavori, la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti.

La stesa dovrà essere eseguita impiegando idonee macchine operatrici: ruspa, livellatrice o finitrice vibrante.

Per il costipamento dovranno essere impiegati un rullo vibrante liscio e un rullo gommato di almeno 35 t su ruote tutte semoventi; per la rifinitura dovrà essere impiegata una livellatrice.

La stesa della miscela non dovrà essere eseguita nel caso di temperatura ambiente inferiore a 5°C od in evenienza di pioggia battente, salvo diverse disposizioni come indicato al precedente paragrafo.

In presenza di temperature elevate l'ESECUTORE dovrà provvedere alla bagnatura abbondante del piano di posa e a un innaffiamento leggero, ma frequente, dello strato eseguito in modo da preservare l'umidità ottimale della miscela fino alla stesa del rivestimento finale.

L'ESECUTORE, in caso di danneggiamento dello strato di miscela fresca già stesa, è tenuto a rimuovere la parte pregiudicata al fine di ripristinare le condizioni iniziali.

Le attrezzature, i tempi e le modalità per la posa in opera dovranno essere quelli preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

13.7.1.1.4. Compattazione

Subito dopo la stesa da eseguirsi anche in più strati successivi, ciascuno di spessore comunque non superiore a cm 30, l'ESECUTORE dovrà provvedere al costipamento dello strato messo in opera stabilendo il numero necessario di passate dei rulli.

Per gli strati di spessore superiore a 30 cm o quando la granulometria della miscela supera i 10 mm, la compattazione dovrà avvenire con l'azione combinata del rullo vibrante e del rullo gommato: il numero delle passate sarà definito in base ai controlli della densità ottenuta, secondo quanto previsto al successivo punto

13.7.1.1.5. Prove in sito

Il rullo vibrante dovrà essere utilizzato per primo e con numero di passate generalmente comprese tra 4 e 8 in relazione alla velocità adottata.

La pressione del rullo gommato dovrà essere regolata in funzione della stabilità immediata e della granulometria della miscela posta in opera.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Il livellamento finale della superficie dovrà essere effettuato con la sola rimozione del materiale eccedente.

13.7.1.1.6. Controlli dei materiali

L'ESECUTORE sarà tenuto a eseguire il controllo delle caratteristiche fisico-chimiche dei leganti e della granulometria dei costituenti, nonché quelle della miscela risultante, all'atto della loro fornitura, controllando la rispondenza con i fusi granulometrici e le caratteristiche fisico-chimiche fornite nello studio preliminare della miscela.

In particolare, in corso d'opera si dovrà eseguire un controllo della granulometria ogni 1000 t di aggregato base, ogni 200 t di loppa granulata e ogni 200 t di aggregato correttivo e una determinazione delle caratteristiche fisico-chimiche dei leganti a ogni fornitura.

La prova AASHTO Modificata di controllo UNI EN 13286-2 sarà eseguita sul materiale prodotto dalla centrale, al tenore d'acqua di miscelazione; si dovrà verificare la sua conformità con quella del laboratorio secondo quanto riportato nello studio preliminare della miscela. Se il risultato non si discosta di oltre il ± 3% dalla prova di laboratorio si manterrà la densità di riferimento iniziale; se la discordanza è superiore si dovrà ripetere la prova al fine di determinare i nuovi valori di riferimento.

L'ESECUTORE è tenuto a eseguire la predetta prova una volta alla settimana e comunque alla ripresa della produzione dopo una interruzione significativa.

13.7.1.1.7. Prove in sito e criteri di accettazione

Terminata la compattazione, l'ESECUTORE dovrà provvedere, su indicazione della Direzione dei Lavori, alla misura della densità in sito quale controllo della buona esecuzione dell'opera.

La densità in sito dovrà essere pari al 98% della densità secca massima determinata con la prova AASHTO Modificata.

Il controllo di detta densità dovrà essere eseguito con continuità e comunque con una frequenza di una prova ogni 500 m², da effettuarsi secondo le disposizioni della Direzione Lavori e in conformità alla norma CNR-BU n. 22.

Nel caso che i valori delle densità in sito risultino inferiori a quelli di riferimento, la compattazione dovrà riprendere fino al raggiungimento dei valori ottimali.

Qualora questi ultimi non risultino ancora rispettati, si dovrà procedere alla determinazione dei nuovi valori di riferimento, mediante prova AASHTO Modificata sul materiale effettivamente posto in opera.

Durante la produzione e la posa in opera della miscela costituente lo strato di fondazione e di base dovranno essere pertanto assicurati i seguenti controlli giornalieri:

- controllo granulometrico degli aggregati;
- controllo del contenuto in acqua degli aggregati;
- controllo delle caratteristiche fisico-chimiche dei leganti;
- controllo granulometrico della miscela prelevata al nastro dell'impianto;
- controllo del contenuto in acqua della miscela;
- densità in sito per la determinazione della densità secca, della densità umida e del grado di compattazione della miscela.

L'ESECUTORE dovrà riassumere settimanalmente i controlli effettuati in una relazione da presentare alla Direzione Lavori, nei tempi e modi che verranno stabiliti da quest'ultima rientrando tale attività tra gli oneri

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

dell'ESECUTORE medesimo.

13.7.1.1.8. Caratteristiche finali

La Direzione Lavori controllerà il comportamento globale della miscela catalizzata dopo sei mesi e dopo un anno dalla posa in opera, mediante misurazione delle caratteristiche meccaniche (resistenza a trazione indiretta, resistenza a compressione e modulo elastico) su campioni prelevati con carotaggio o con altri sistemi che non provochino disturbo al provino, ogni 1000 m², in diversi punti della pavimentazione. Tali caratteristiche saranno da confrontare con i parametri di riferimento determinati con lo studio preliminare della miscela stessa.

Il valore finale sarà ricavato mediando i valori ottenuti sui singoli campioni, se ciascuno di questi non si scosta dalla media stessa di ± 20%, altrimenti dalla media dei valori restanti dopo aver scartato quelli esterni all'intervallo indicato.

Qualora dalle prove eseguite risulti un valore dei parametri meccanici inferiore a quello di progetto e determinato nel corso dello studio preliminare della miscela, la Direzione Lavori potrà richiedere di procedere, a cura e spese dell'ESECUTORE, a un ulteriore controllo sperimentale e/o teorico della struttura in sito, effettuando una verifica anche in termini di deformabilità.

Se gli ulteriori controlli sperimentali e/o teorici della struttura forniscono ancora valori di resistenza inferiori a quelli di progetto, la Direzione Lavori potrà prescrivere la demolizione della pavimentazione interessata, compreso lo strato superiore, e il suo completo rifacimento con opere e oneri a totale carico dell'ESECUTORE.

In alternativa, qualora la struttura sia accettabile a parere della DL, si potrà procedere a una detrazione pari al 5% del prezzo della tariffa contrattuale per ogni 2% di valore della resistenza inferiore.

13.7.1.2. Conglomerato bituminoso

Per le caratteristiche dei costituenti e delle miscele, per le modalità di confezionamento, trasporto, posa in opera e per i controlli finali si dovrà fare riferimento a quanto previsto al par. 13.8.4.3.4 "Strato di collegamento (binder) e strato di usura".

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

13.7.2. PAVIMENTAZIONE DI TIPO RIGIDO IN CALCESTRUZZO

La pavimentazione di questo tipo può essere utilizzata in alternativa a quella prevista nel paragrafo precedente 13.7.1 "PAVIMENTAZIONE COSTITUITA DA UNO STRATO DI MISCELA CATALIZZATA E DA UNO STRATO DI CONGLOMERATO BITUMINOSO"ed è costituita da:

- strato di fondazione in misto granulare cementato;
- rivestimento in lastre di conglomerato cementizio.

13.7.2.1. Indagini preliminari

Preventivamente alla realizzazione della pavimentazione si dovrà eseguire nel terreno in sito un numero rappresentativo di pozzetti di ispezione ciascuno di profondità non inferiore a 2 m dal piano di campagna con escavatore meccanizzato; dai pozzetti vanno prelevati eventualmente dei campioni rimaneggiati per la determinazione delle proprietà indici.

Sul piano di posa della pavimentazione che eventualmente dovrà essere stato preventivamente compattato, deve essere eseguita almeno n. 1 prova di carico su piastra ogni 500 m² per la determinazione del Modulo di deformazione Md (CNR-BU n. 146) che dovrà risultare superiore a 40 MPa. Il rapporto tra i moduli di deformazione del 1° e 2° ciclo, inoltre, non dovrà essere inferiore a 0,45. Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile, l'ESECUTORE dovrà proporre alla DL, che sentirà in merito i progettisti, un metodo di stabilizzazione del piano di posa, oppure una bonifica dello stesso mediante sostituzione del terreno in situ.

13.7.2.2. Strato di fondazione in misto granulare cementato

Per quanto attiene alle caratteristiche e prescrizioni esecutive e di controllo del misto granulare cementato si dovrà fare riferimento a quanto previsto al par. 13.8.4.1"Fondazione in misto cementato confezionato in centrale".

13.7.2.3. Rivestimento in lastre di calcestruzzo armato

13.7.2.3.1. Caratteristiche del conglomerato cementizio e controlli in corso d'opera

Per quanto attiene alle caratteristiche e alle modalità di confezionamento, trasporto e posa in opera del conglomerato cementizio si dovrà fare riferimento a quanto previsto dal progettista ed a quanto riportato nella sezione 6 "Opere di conglomerato cementizio" del presente Capitolato.

Nella pavimentazione in calcestruzzo dovranno essere realizzati giunti di contrazione e/o di dilatazione secondo il progetto.

I giunti avranno andamento trasversale e longitudinale e saranno distanziati tra di loro in relazione allo spessore della lastra e alle caratteristiche del conglomerato cementizio.

I giunti di dilatazione dovranno interessare tutto lo spessore del conglomerato cementizio e avere la larghezza da 1,5 a 2 cm, saranno sigillati con materiale compressibile e distanziati in modo tale da evitare fessurazioni nella lastra.

Il numero e la distanza tra i giunti sarà stabilito dal progetto in relazione a tutte le sollecitazioni cui è sottoposta la pavimentazione stradale.

In corrispondenza dei bordi delle lastre l'armatura dovrà essere rinforzata.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

13.7.2.3.2. Controlli finali

A lavoro ultimato verranno prelevate ogni 500 m² di pavimentazione realizzata, n° 3 carote o provini per la determinazione di:

- massa volumica;
- resistenza a compressione e trazione;
- resistenza alla penetrazione dell'acqua (Norma ISO 7031).

Tali valori dovranno essere confrontati con i valori determinati in fase di qualificazione della miscela; per gli eventuali provvedimenti vale quanto previsto al precedente punto13.7.1.1.8"Caratteristiche finali".

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

13.8. PAVIMENTAZIONI STRADALI

13.8.1. TIPOLOGIE E CARATTERISTICHE DELLE PAVIMENTAZIONI

Le caratteristiche costruttive per le differenti tipologie sono di seguito definite; le categorie delle pavimentazioni stradali di cui alle lettere a., b., c. sono da riferirsi al D. Min. Infr. e Trasp. del 05/11/2001 n. 6792.

a. Pavimentazione per strada di categoria A

Per le strade di categoria A la pavimentazione dovrà essere costituita da:

- strato anticapillare di sottofondazione, dello spessore minimo finito non minore di cm 20;
- strato di fondazione, di aggregati stabilizzati e compattati o in misto cementato, dello spessore finito non minore di cm 25;
- strato di base, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 10;
- strato di collegamento (binder), in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 8;
- tappeto di usura, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 4.

b. Pavimentazione per strada di categoria B

Per le strade di categoria B la pavimentazione dovrà essere costituita da:

- strato anticapillare di sottofondazione, dello spessore minimo finito non minore di cm 15;
- strato di fondazione, di aggregati stabilizzati compattati o in misto cementato, dello spessore finito non minore di cm 20;
- strato di base, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 8;
- strato di collegamento (binder), in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 4;
- tappeto di usura, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 3.

c. Pavimentazione per strada di categoria C

Per le strade "minori" la pavimentazione dovrà essere costituita da:

- strato di fondazione, di aggregati stabilizzati e compattati dello spessore finito non minore di cm 20;
- strato in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 4.

Per le strade "poderali o campestri" la pavimentazione dovrà essere costituita da:

- strato di fondazione, di aggregati stabilizzati e compattati dello spessore finito non minore di cm 25, saturato con graniglia o pietrischetto.

d. Pavimentazione su impalcati stradali per strade di categoria A-B-C

La pavimentazione su impalcati stradali dovrà essere costituita da:

- strato di collegamento (binder), in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 8;
- tappeto di usura, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 4.

e. Pavimentazione su massicciata ferroviaria

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

In corrispondenza di passatoie e/o in aree di manovra attraversate da binari ferroviari lapavimentazione dovrà essere realizzata con le seguenti modalità:

- accurata pulizia della superficie della massicciata ferroviaria per eliminazione della polvere e spandimento di emulsione bituminosa in ragione di 1,0 – 1,5 kg/m^2;
- formazione di uno strato di collegamento (binder), in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 8;
- formazione di tappeto di usura, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 4.

f. Massicciata stradale a semipenetrazione

E' costituita da pietrisco di pezzatura compresa tra 40 e 71 mm e con coefficiente Los Angeles non superiore a 30, dello spessore finito di 10 cm. Il trattamento di semipenetrazione è effettuato in due passate, la prima con 2 kg/m^2 di emulsione bituminosa e 28 dm^3/m^2 di pietrischetto di pezzatura compresa fra 10 e 25 mm, la seconda con 1,5 kg/m^2 di emulsione bituminosa e 12dm^3/m^2 di graniglia compresa fra 5 e 10 mm.

I materiali sopra specificati devono rispondere ai seguenti requisiti.

Il pietrisco deve essere steso in un unico strato, il costipamento va effettuato con rulli compressori di massa non inferiori a 14 t che operano a velocità comprese tra 1,5 e 3 km/ora. Il rullo deve procedere dai margini verso il centro a fasce parallele, ricoprendosi l'una con l'altra per una zona larga almeno 20 cm.

Nel costipare la prima fascia marginale deve essere costipata, dove esista, anche una fascia di 20 cm di banchina. Dopo il primo passaggio di rulli si deve umidificare, con innaffiatori, evitando il rifluimento in superficie.

Per evitare, nell'ultima fase di costipamento, di ridurre il materiale a pezzatura troppo minuta si deve aggiungere materiale aggregante costituito da residui di frantumazione di natura calcarea in quantità non superiore al 10% del materiale costipato.

Quando la massicciata avrà buone condizioni di consistenza e stabilità e si presenterà perfettamente chiusa e priva d'irregolarità, si procederà ad un'accurata pulizia della superficie da trattare allontanando la polvere o qualsiasi altro materiale che possa costituire una discontinuità tra la massicciata ed il manto bituminoso sovrastante.

L'emulsione va stesa in due riprese con apposite spruzzatrici a pressione. Alla fine di ciascuna delle due passate di emulsione deve seguire il regolare spandimento del pietrischetto, dopo la prima passata e della graniglia dopo la seconda. Successivamente deve essere eseguito un costipamento con rullo di massa da 8 a 10 t, in modo da ottenere una pavimentazione livellata e finita a regola d'arte e tale che in nessun punto possano aversi ondulazioni o irregolarità, rispetto ad un asta della lunghezza di 3 m appoggiata sul manto, superiori a 1,5 cm.

g. Pavimentazione con pietrischetto bitumato

E' costituita da un sottofondo composto a freddo da uno strato di 3 cm(4 cm sciolto), di pietrischetto di pezzatura 10/25 mm, miscelato con 120 kg/m^3 di emulsione bituminosa, sulla quale è formato, a freddo, uno strato di 2 cm(3 cm sciolto) di graniglia di pezzatura 5/10 mm, miscelata con 150 kg/m^3 di emulsione, cilindrata strato per strato, con rullo di massa da 6 t.

Dopo alcuni giorni (il cui numero dovrà essere concordato con la Direzione Lavori) deve essere eseguito un trattamento superficiale con emulsione bituminosa in ragione di 0,8 kg/m^{2}di emulsione e 5,5 litri/m^2 di graniglia silicea da 2/5 mm.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

13.8.2. LEGANTI

13.8.2.1. Leganti bituminosi di base e modificati

13.8.2.1.1. Bitumi di base

I bitumi di base per uso stradale sono quelli di normale produzione con le caratteristiche indicate in Tab. 13.8.1 impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi a caldo.

Le tabelle che seguono si riferiscono nella prima parte al prodotto di base così come viene prelevato nelle cisterne e/o negli stoccaggi, nella seconda parte al prodotto sottoposto all'invecchiamento artificiale; FERROVIE si riserva anche la possibilità di rilevare le caratteristiche elencate nella seconda parte per meglio valutare l'affidabilità di impiego dei leganti.

Tab. 13.8.1 Caratteristiche dei bitumi di base

Caratteristiche	U.M.	Norma di rif.	Bitume 50/70	Bitume 70/100
			valore	
PRIMA PARTE				
penetrazione a 25° C	dmm	UNI EN 1426 - 2007	50-70	70-100
punto di rammollimento	° C	UNI EN 1427 - 2007	46-54	43-51
punto di rottura Fraass, min.	° C	UNI EN 12593 - 2007	≤-8	≤-10
punto di infiammabilità	°C	EN 22592(b)	230	230
SECONDA PARTE - valori dopo RTFOT (resistenza all'invecchiamento-UNI EN 12607-1)(*)				
Variazione di massa	%	UNI EN 12607-1	≤ 0,5	≤ 0,8
incremento del punto di rammollimento	°C	UNI EN 1427 - 2007	≤ 11	≤ 11
penetrazione residua	%	UNI EN 1426 - 2007	≥50	≥46

(*)*Rolling Thin Film Oven Test*

13.8.2.1.2. Bitumi modificati

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

I bitumi di base di tipo 70-100 potranno essere modificati in raffineria o tramite lavorazioni successive mediante l'aggiunta di polimeri (elastomeri e loro combinazioni) effettuata con idonei dispositivi di miscelazione al fine di ottenere migliori prestazioni dalle miscele in due modi distinti:

- in modo soft "SF" : modifica media con le caratteristiche riportate nella Tab. 13.8.2
- in modo hard "HD": modifica forte con le caratteristiche riportate nella Tab. 13.8.2

Oltre ai bitumi 70/100 di cui alla tabella 13.8.1, per la preparazione di bitumi modificati, possono essere utilizzati bitumi di base modifica "BM", aventi caratteristiche riportate nella seguente tabella 13.8.2, opportunamente preparati per una successiva modifica.

I bitumi di tipo soft potranno essere impiegati nelle miscele normali (base, binder, usura) mentre dovranno essere tassativamente impiegati i bitumi di tipo hard nelle miscele speciali salvo diversa indicazione del Committente.

Tab.13.8.2 Caratteristiche dei bitumi modificati

Caratteristiche	U.M.	Norma di rif.	Base Modifica BM	Soft 2,5%-3,5% SF	Hard 4%-6% HD
penetrazione a 25° C	dmm	UNI EN 1426 - 2007	80-100	50-70	50-70
punto di rammollimento	°C	UNI EN 1427 - 2007	43-51	60-80	70-90
punto di rottura Fraass	°C	UNI EN 12593 - 2007	≤-8	≤ -10	≤ -12
ritorno elastico a 25° C	%	UNI EN 13398 - 2010	-	≥ 70	≥ 80
viscosità dinamica a 160° C	Pa x s	UNI EN 13302 - 2010	0,01-0,10	0,10-0,35	0,15-0,4
Stabilità allo stoccaggio tube test	°C	UNI EN 13399 - 2010	-	≤ 3(°)	≤ 3(°)
valori dopo RTFOT – Rolling Thin Film Oven Test resistenza all'invecchiamento-UNI EN 12607-1)					
penetrazione residua a 25° C	%	UNI EN 1426 - 2007	≥ 50	≥ 40	≥ 40
Incremento del punto di rammollimento	°C	UNI EN 1427 - 2007	≤ 9	≤ 8	≤ 5

(°)entrambi i valori del punto di rammollimento ottenuti per il tube test non devono differire dal valore di rammollimento di riferimento di più di 5°C

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Tab. 13.8.2/a - Caratteristiche dei bitumi modificati per mano d'attacco

BITUME SOFT O HARD			
Caratteristiche	**Norma di rif.**	**U.M.**	**valori**
penetrazione a 25° C	UNI EN 1426 - 2007	dmm	50-70
punto di rammollimento	UNI EN 1427 - 2007	° C	60-90
punto di rottura Fraass	UNI EN 12593 - 2007	° C	≤ -10
viscosità dinamica a 160° C	UNI EN 13399 - 2010	Pa x s	0,10-0,4

13.8.2.2. Emulsioni bituminose

13.8.2.2.1. Emulsioni bituminose per mano di attacco cationiche non modificate

Le emulsioni bituminose, ved. Tab. 13.8.3, possono essere impiegate come mano di attacco solo tra fondazione e base, binder e usure normali (per usure non aperte). Negli altri casi si usa bitume modificato hard.

Tab. 13.8.3 Caratteristiche delle emulsioni bituminose

caratteristiche	**unità di misura**	**Norma di rif.**	**Emulsioni a rapida rottura**	**Emulsioni a media velocità di rottura**
contenuto d'acqua	% in peso	UNI EN 1428 - 2012	≤40	≤45
contenuto di bitume	% in peso	UNI EN 1431 - 2013	≥ 60	≥ 55
grado di acidità (pH)		UNI EN 12850 - 2009	2-5	2-5
caratteristiche del bitume estratto				
penetrazione a 25° C	dmm	UNI EN 1426 - 2007	50-120	100-150
punto di rammollimento	° C	UNI EN 1427 - 2007	≥ 40	≥ 40
punto di rottura Fraass	° C	UNI EN 12593 - 2007	≤ -8	≤ -8

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

13.8.2.3. Utilizzo di additivi

L'eventuale utilizzo di additivi, (es. ACF -Attivanti chimico funzionali, DP-Attivanti di adesione) dovranno essere preventivamente autorizzato dalla Direzione Lavori.

13.8.3. STRATO DI ANTICAPILLARE

Se previsto nel progetto lo strato di anticapillare sarà costituito da sabbia ghiaietto o pietrischetto, esenti da materie eterogenee di dimensioni comprese tra 1 e 20 mm con percentuale massima del 20% passante al crivello 4 UNI, eventualmente steso su uno strato di geotessile non tessuto in poliestere di massa unitaria non inferiore a 400 gr/m² con le caratteristiche riportate nella Tab. 13.8.4 seguente:

Tab. 13.8.4 Caratteristiche del geotessile non tessuto in poliestere, coesionato meccanicamente per agugliatura, con massa non inferiore a 400 g/m

CARATTERISTICHE	VALORI LIMIT.	NORME DI RIF.
Massa per unità di superficie	≥ 400 g/m²	
Spessore:a 2,0 KPa a 200 KPa	≥ 4,0 mm ≥ 1,9 mm	UNI EN ISO 9864:2005 CNR-BU N. 110-1985
Resistenza a trazione – Media tra la direzione di produzione e la trasvers. – Media in una delle due direzioni	≥ 24 kN/m ≥ 21 kN/m	CNR-BU N. 142-1992
Deformazione a rottura – Media tra la direzione di produzione e la trasvers. – Media in una delle due direzioni	≥ 85 % ≥ 30 ÷ 95 %	CNR-BU N. 142-1992 EN ISO 10319
Resistenza a lacerazione	≥ 1,4 kN	CNR-BU N. 143-1992
Resistenza al punzonamento	≥ 4,0 kN	UNI 8279/14 EN ISO 12236

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

13.8.4. SOVRASTRUTTURA STRADALE

I materiali, ai fini del loro impiego, dovranno essere forniti di marcatura CE secondo quanto previsto da norme e leggi vigenti.

13.8.4.1. Fondazione in misto cementato confezionato in centrale

Il misto cementato sarà costituito da miscele di inerte calcareo di frantoio rispondente alle norme CNR BU N. 29 con fuso di tipo A1 e cemento in ragione del 3% e 5% in massa dell'inerte secco. L'acqua di impasto sarà in ragione del 6% circa della massa secca dell'inerte.

La resistenza a compressione con provini cilindrici compattati a 7 gg di stagionatura, come previsto dalla norma CNR citata dovrà essere compresa tra 3 e 7 MPa; per ottenere tali risultati potranno essere usati opportuni additivi.

L'inerte da impiegare dovrà provenire da frantumazione di rocce calcaree con preferenza per i calcari teneri con esclusione dei misti calcarei di fiume.

Il misto cementato dovrà essere costipato alla densità non inferiore al 95% di quella ottenuta in laboratorio, con le modalità previste al punto 2 della normativa CNR citata.

La resistenza a trazione determinata con il metodo brasiliano non dovrà essere inferiore a 0,2 MPa su provini cilindrici stagionati a 7 giorni. Il misto dovrà essere confezionato in cantiere di betonaggio e trasportato sul posto con autobetoniere.

13.8.4.1.1. Formazione e confezione delle miscele

Le miscele saranno confezionate in impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Gli impianti dovranno comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti sarà preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi di aggregato dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondenti alle classi impiegate.

13.8.4.1.2. Posa in opera

La miscela verrà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accertata dalla DL la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti.

La stesa verrà eseguita impiegando finitrici vibranti gommate a 4 assi o cingolate e comunque dei tipi approvati dalla DL in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento sia longitudinale che trasversale.

Le operazioni di addensamento dello strato dovranno essere realizzate in ordine con le seguenti attrezzature:

- rullo a due ruote vibranti da 10 ton per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18 ton;
- rullo gommato con pressione di gonfiaggio superiore a 5 atm e carico di almeno 18 ton.

Potranno essere impiegati in alternativa rulli misti, vibranti-gommati, tutti approvati dalla DL aventi le stesse caratteristiche sopra riportate.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La stesa della miscela non dovrà, di norma, essere eseguita con temperatura ambiente inferiore a 5°C o superiore a 35°C e mai sotto la pioggia.

La stesa a temperature non conformi a quelle sopra indicate potrà essere consentita dalla DL.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non dovrà superare di norma le 2 ore per garantire la continuità della struttura.

Particolari accorgimenti dovranno adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale similare.

Il giunto di ripresa sarà ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola e togliendo la tavola al momento della ripresa della stesa, se non si fa uso della tavola sarà necessario, prima della ripresa della stesa, provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale.

Non dovranno essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.

Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno successivo a quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati e previa verifica che il transito non danneggi lo strato.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause dovranno essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'ESECUTORE.

13.8.4.1.3. Protezione superficiale

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura dovrà essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55% in ragione di 1 ÷ 2 kg/m², in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto e successivo spargimento di sabbia.

13.8.4.1.4. Norme di controllo delle lavorazioni

A discrezione della Direzione dei Lavori verrà verificata la rispondenza delle caratteristiche granulometriche delle miscele.

Verrà ammessa una tolleranza di ± 5 % fino al passante al setaccio 4 e di ± 2 % per il passante al setaccio 2 e inferiori, purché non vengano superati i limiti del fuso.

La rispondenza delle caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le medesime prove di laboratorio eseguite per la loro qualifica. La rispondenza delle granulometrie delle miscele a quelle di progetto dovrà essere verificata con controlli giornalieri e comunque ogni 300 m³ di materiale posto in opera.

Lo spessore dello strato dovrà essere verificato con la frequenza di almeno un carotaggio ogni 400 m di strada o carreggiata.

Lo spessore stabilito non dovrà avere tolleranze in difetto superiori al 5% nel 98% dei rilevamenti; in caso contrario sia per la planarità che per le zone omogenee con spessore in difetto sarà obbligo dell'ESECUTORE a sua cura e spesa compensare gli spessori carenti incrementando in egual misura lo spessore in conglomerato bituminoso sovrastante.

13.8.4.2. Misto granulare stabilizzato per fondazione e sottofondazione

La fondazione in oggetto si può utilizzare in alternativa alla fondazione di cui al par. 13.8.4.1 precedente "Fondazione in misto cementato confezionato in centrale"ed è costituita da una miscela di terre stabilizzate

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumeriato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

granulometricamente; la frazione grossa di tale miscela (trattenuta al setaccio UNI 2 mm) può essere costituita da ghiaie, frantumati, detriti di cava, scorie o anche altro materiale ritenuto idoneo dalla DL.

La fondazione potrà essere formata da materiale di apporto idoneo oppure da correggersi con adeguata attrezzatura in impianto fisso di miscelazione.

Lo spessore da assegnare alla fondazione sarà fissato da progetto e verificato dalla DL.

13.8.4.2.1. Caratteristiche dei materiali da impiegare

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione, risponderà alle caratteristiche seguenti:

a) l'aggregato non deve avere dimensioni superiori a 63 mm, e deve essere senzaforma appiattita, allungata o lenticolare;

b)granulometria compresa nel seguente fuso e avente andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limite:

setacci UNI (mm)	Fuso (passante %)
setaccio 63	100-100
setaccio 40	84-100
setaccio 20	70-92
setaccio 14	60-85
setaccio 8	46-72
setaccio 4	30-56
setaccio 2	24-44
setaccio 0.25	8-20
setaccio 0.063	6-12

c)perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature, inferiore al 30% in peso;

d) equivalente in sabbia misurato sulla frazione passante al setaccio UNI 4 mm, compreso tra 40 e 80 (la prova va eseguita con dispositivo meccanico di scuotimento);

e) indice di portanza CBR ai sensi della norma UNI EN 13286-47 - 2012 dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25 mm) non minore di 50.

E' inoltre richiesto che la condizione di cui alla lettera e) precedente sia verificata per un intervallo di + 2% rispetto all'umidità ottima di costipamento.

I controlli di cui sopra dovranno anche essere eseguiti per il materiale prelevato dopo costipamento.

Il limite superiore dell'equivalente in sabbia pari a 80 potrà essere modificato dalla DL in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale.

Se le miscele contengono oltre il 60% in peso di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi a, b, c, d, e, ad eccezione di quanto prescritto al comma d) per il quale è ammesso che la miscela abbia equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

13.8.4.2.2. Studio preliminare

Le caratteristiche suddette dovranno essere accertate dalla DL mediante prove di laboratorio sui campioni che l'ESECUTORE avrà cura di presentare a tempo opportuno per la loro valutazione prima dell'inizio delle lavorazioni.

L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'ESECUTORE relativa al raggiungimento dei requisiti finali richiesti per gli aggregati in opera.

Contemporaneamente l'ESECUTORE dovrà indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

I requisiti di accettazione verranno inoltre accertati con controlli della DL in corso d'opera, prelevando il materiale in sito già miscelato, prima e dopo avere effettuato il costipamento.

13.8.4.2.3. Modalità esecutive

Il piano di posa dello strato dovrà avere le quote, la sagoma, i requisiti di compattezza ed essere ripulito da materiale estraneo non idoneo.

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 20 cm e non inferiore a 10 cm e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti.

L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato.

Verificandosi comunque eccesso di umidità o danni dovuti al gelo lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'ESECUTORE.

Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi.

L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere, determinate dalla DL con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere (prove di costipamento), tali da portare alla eventuale taratura dei mezzi costipanti.

Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino a ottenere una densità in sito non inferiore al 98 % della densità massima fornita dalla prova AASHTO modificata (UNI EN 13286-2/2010)

Il modulo di deformazione, misurato mediante prova di carico su piastra, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0,15 MPa – 0,25 MPa, non dovrà essere inferiore a 50MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0,45 (CNR-BU n. 146/92).

La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllata a mezzo di un regolo di 4,5 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali. Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

Per quanto riguarda il controllo delle lavorazioni si richiamano espressamente le norme di cui al par. 13.8.4.1.4 *"Norme di controllo delle lavorazioni"*

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

13.8.4.3. Strati in conglomerato bituminoso di base, binder e usura

Il conglomerato è costituito da una miscela di inerti nuovi (ghiaie, pietrischi, graniglie, sabbie ed additivi) impastata a caldo con bitume semisolido di cui al par. 13.8.2.1"Leganti bituminosi di base e modificati"di seguito denominato "Bitume", in impianti di tipo fisso automatizzati. Il conglomerato per i vari strati (base, binder, usura) è posto in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato. Ai fini del loro impiego i conglomerati bituminosi dovranno avere la marcatura CE di cui al par. 13.5.1.

13.8.4.3.1. Leganti bituminosi,emulsioni e loro modificati

Si dovrà fare riferimento a quanto previsto nel par. 13.8.2.1"Leganti bituminosi di base e modificati" e par.13.8.2.2 "Emulsioni bituminose".

13.8.4.3.2. Materiali inerti

Gli inerti dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, di forma poliedrica, puliti esenti da polvere e da materiali estranei secondo le norme UNI EN 13043.

Gli elementi litoidi non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

La miscela degli inerti è costituita dall'insieme degli aggregati grossi e dagli aggregati fini ed eventuali additivi (filler) secondo la definizione delle norme UNI EN 13108-1. Ai fini dell'impiego è obbligatoria l'attestazione di conformità (CE) da parte del produttore relativamente ai requisiti richiesti.

Per l'aggregato grosso (pezzature da 31,5 a 4 mm), per quanto concerne il valore di levigabilità dovuto alla miscela di aggregati vale quanto di seguito riportato:

Per le miscele di aggregati da impiegare per gli strati superficiali, esclusivamente sugli aggregati che presentano trattenuto al setaccio 2mm, si calcola l'indice PSVmix.

Il PSVmix è un indice determinato in base ai valori del PSV delle singole pezzature con le relative masse volumiche apparenti (MVA,) così da valutare l'aderenza sulla superficie stradale "pesata" in base al contributo "volumetrico" dei vari aggregati presenti.

A partire dalle percentuali in peso di impiego (% inerte 1, % inerte 2, ecc.):

- si misurano le masse volumiche apparenti MVA (MVA1, MVA2, ecc.) di tutte le pezzature che presentano trattenuto al setaccio 2mm;
- per ogni pezzatura si escludono le percentuali di impiego passanti al setaccio 2mm, si sommano le percentuali di trattenuto uguali o superiori al 2mm e la risultante si moltiplica per la percentuale di impiego;
- si riporta la somma a 100 per avere le nuove percentuali di impiego "trattenute al 2mm":
- le nuove percentuali di impiego vengono trasformate in percentuali volumetriche (VOLi) utilizzando le MVA e riportate anch'esse a 100%)

Il PSVmix si calcola sommando il prodotto della percentuale volumetrica di ogni pezzatura (compresa la sabbia) utilizzata per il relativo valore di PSV diviso per 100:

$$\mathbf{PSVmix = \sum_i (PSV_i \cdot VOL_i)/100}$$

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

13.8.4.3.3. Strato di base

a) Aggregati

I requisiti di accettazione degli aggregati impiegati per lo strato di base dovranno essere conformi a quanto previsto nelle norme UNI EN 13043 e UNI EN 13055-2 per gli aggregati leggeri.

Per il prelevamento dei campioni destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione vale la norma UNI EN 932 – 1 mentre per le modalità di esecuzione delle prove stesse valgono le normative riportate nel par. 13.8.4.2 "Misto granulare stabilizzato per fondazione e sottofondazione".

L'aggregato grosso (pezzature da 4 a 31,5 mm) dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei che non dovranno avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

Le caratteristiche degli elementi che compongono la frazione grossa dovranno essere le seguenti:

- perdita di massa alla prova di abrasione Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature, inferiore al 25% del totale UNI EN 1097-2;
- il coefficiente di appiattimento, escluso la massa di aggregati con pezzature inferiore a 4 mm, determinato in accordo alla UNI EN 933-3, deve essere inferiore o uguale a 15;
- inerti frantumati (privi di facce tonde) in percentuale superiore al 70% in peso;
- coefficiente di imbibizione (EN 13755) inferiore a 1%;

L'aggregato fino (pezzature inferiori a 4 mm) dovrà essere costituito da sabbie naturali e di frantumazione; la percentuale di queste ultime verrà determinata in relazione ai valori di scorrimento delle prove Marshall, ma comunque non dovrà essere inferiore al 70% della miscela delle sabbie che dovranno rispondere al seguente requisito:

- equivalente in sabbia determinato secondo UNI EN 933-8 non inferiore a 70;

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- alla prova UNI EN 933-10 dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:
- setaccio UNI 2 mm passante in peso 100%
- setaccio UNI n. 0,125 passante in peso 85 - 100%
- setaccio UNI n. 0,063 passante in peso 70 - 100%
- palla e anello (filler/bitume = 1.5) (UNI EN 13179-1): ΔR&B> 5%

L'ESECUTORE dovrà eseguire le prove di verifica delle caratteristiche soprarichieste alla qualificazione e ogni 500 m^3 di conglomerato bituminoso fornito.

Nella confezione dei conglomerati bituminosi dei vari strati possono essere impiegate speciali sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume-aggregato (agenti tensioattivi di adesività). Potranno essere impiegati negli strati di base e di collegamento mentre per quello di usura lo saranno a esclusivo giudizio del Direttore dei Lavori e senza che l'ESECUTORE possa chiedere compensi od indennizzi di sorta in quanto l'onere è compreso e compensato nei prezzi delle voci di tariffa.

Dovrà essere scelto tra i prodotti in commercio quello che, sulla base di prove comparative effettuate presso Laboratori, approvati da FERROVIE, avrà dato i migliori risultati e conservi le caratteristiche chimiche anche se sottoposto a temperature elevate e prolungate.

La presenza degli agenti tensioattivi nel legante bituminoso dovrà essere accertata mediante prova di

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

separazione cromatografica su strato sottile.

Il dosaggio potrà variare in relazione alle condizioni di impiego, alla natura degli aggregati e alle caratteristiche del prodotto, tra lo 0,3% e lo 0,6% rispetto alla massa del bitume.

I tipi, i dosaggi e le tecniche d'impiego dovranno ottenere il preventivo benestare della Direzione Lavori.

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume dovrà essere realizzata con idonee attrezzature tali da garantirne la loro perfetta dispersione e l'esatto dosaggio.

b) Legante bituminoso

Il legante bituminoso dovrà avere le caratteristiche indicate al par. 13.8.2.1"Leganti bituminosi di base e modificati".

c) Miscela

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica determinata in conformità con la UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2 utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base +2 e compresa nei fusi di seguito elencati e una percentuale di bitume riferita al peso della miscela, compresa tra i sotto indicati intervalli per i diversi tipi di conglomerato.

Composizioni granulometriche indicative (fusi da usare come limiti nelle curve di progetto).

Il tenore di bitume dovrà essere compreso tra il 3,8% e 5,2% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 8 e 18 cm.

Il conglomerato bituminoso di base dovrà avere i seguenti requisiti:

- la miscela degli aggregati da adottarsi dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso indicato nella Tab. 13.8.5:

Tab. 13.8.5 Fuso granulometrico per conglomerato bituminoso di base

MISCELA	Passante
Serie setacci UNI	% totale in massa
Setaccio31,5	100
Setaccio20	68 - 88
Setaccio16	55 - 78
Setaccio8	36 - 60
Setaccio4	25 - 48
Setaccio2	18 - 38
Setaccio0,5	8 - 21
Setaccio0,25	5 - 16
Setaccio0,063	4 - 8

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- il valore della Stabilità Marshall UNI EN 12697-34 eseguita a 60° C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia, non deve risultare inferiore a 8 kN; inoltre il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra la Stabilità misurata in kN e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere superiore a 2,5 kN/mm;
- gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa fra 4% e 7%.
- la perdita di stabilità Marshall non deve risultare superiore al 25% (ottenuta dal confronto della stabilità Marshall originaria con quella misurata su provini mantenuti per 24 ore in acqua a 60° C);
- la resistenza a trazione indiretta determinata mediante prova Brasiliana (UNI EN 12697-23) non deve risultare minore di 0.5 N/mm^2.

I provini per le misure di stabilità, rigidezza e trazione indiretta dovranno essere confezionati presso l'impianto di produzione e/o presso la stesa.

La temperatura all'atto della compattazione dovrà essere uguale a quella della stesa.

d) Controllo dei requisiti di accettazione

L'ESECUTORE ha l'obbligo di fare eseguire tutte le prove sperimentali richieste sui campioni di aggregato e di legante per la relativa accettazione.

L'ESECUTORE è tenuto a presentare con almeno 30 giorni di anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, lo studio delle miscele che intende adottare, secondo il metodo Marshall.

Ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione delle determinazioni effettuate in laboratorio, attraverso le quali l'ESECUTORE avrà ricavato la composizione ottimale.

La Direzione Lavori si riserva di approvare le miscele o di fare eseguire nuove sperimentazioni.

L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'ESECUTORE, relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

Non saranno ammesse variazioni delle singole percentuali del contenuto di aggregato, per il passante maggiore o uguale al 2mm, superiori ai valori sotto riportati:

- ± 5% per lo strato di base;
- ± 3% per gli strati di binder ed usura.

Per il passante minore di 2mm e maggiore di 0,063, non saranno ammesse variazioni delle singole percentuali del contenuto di aggregato superiori a ± 3%.

Per il passante al setaccio 0,063 mm, ± 1,5%.

Per la percentuale di bitume non sarà tollerato uno scostamento da quella di progetto di ± 0,25% e sempre contenuta nei limiti indicati per ciascuna miscela.

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto come pure dall'esame delle carote prelevate in sito tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

In ogni cantiere di lavoro dovrà essere installato a cura e spese dell'ESECUTORE un laboratorio idoneamente attrezzato per le prove e i controlli in corso di produzione e finali, condotto da personale appositamente addestrato.

In quest'ultimo laboratorio dovranno essere effettuate, quando necessarie e almeno con frequenza giornaliera:

- la verifica granulometrica dei singoli aggregati approvvigionati in cantiere e quella degli aggregati stessi

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

all'uscita dei vagli di riclassificazione;

- la verifica della composizione del conglomerato che andrà effettuata mediante estrazione del legante con ignizione o sistemi a solvente dalla quale verrà ricavata la granulometria e la percentuale di legante, prelevando il conglomerato all'uscita del mescolatore o dietro finitrice;
- la verifica delle caratteristiche Marshall del conglomerato e precisamente:
  - massa volumica UNI EN 12697-9;
  - percentuale di vuoti UNI EN 12697-8;
  - stabilità e rigidità Marshall UNI EN 12697-34;
  - la verifica dell'umidità residua degli aggregati all'uscita dall'essiccatore e ogni altro controllo ritenuto opportuno dalla Direzione Lavori.

Inoltre saranno effettuati i seguenti controlli:

- taratura delle bilance e dei termometri dell'impianto (mensile);
- verifica delle caratteristiche del bitume.

In particolare la verifica delle caratteristiche del bitume dovrà essere fatta almeno una volta a settimana con prelievi a norma UNI EN 58 sulle cisterne di stoccaggio dell'impianto; all'atto del prelievo sul campione verrà indicata la quantità Q (in tonnellate) della fornitura a cui il prelievo si riferisce.

In corso d'opera e in ogni fase delle lavorazioni la Direzione Lavori effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche, prove e controlli, atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

e) Confezione delle miscele

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi automatizzati, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità per non pregiudicare il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela e una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati; resta pertanto escluso l'uso dell'impianto a scarico diretto.

L'impianto dovrà comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

Il dosaggio dei costituenti della miscela dovrà essere eseguito a massa mediante idonea apparecchiatura la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta e a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati sarà preventivamente e convenientemente sistemata per eliminare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si dovrà far uso di almeno 4 classi di aggregati in tramogge con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

Il tempo di mescolazione effettivo sarà stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto e dell'effettiva temperatura raggiunta dai costituenti la miscela, in misura tale da permettere un completo e uniforme rivestimento degli aggregati con il legante; comunque esso non dovrà mai scendere al di sotto dei 30 secondi.

La temperatura degli aggregati all'atto della mescolazione dovrà essere compresa tra 150° e 170° C mentre

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

quella del legante dovrà essere 5 °C superiore a quella degli aggregati salvo diverse disposizioni del Progettista in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge "calde" degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e tarati mensilmente.

L'umidità residua degli aggregati all'uscita del tamburo essicatore non dovrà di norma superare lo 0,5%.

f) Trasporto e posa in opera delle miscele

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni. La percorrenza stradale dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa non dovrà essere superiore a70 Km.

Prima della stesa del conglomerato sullo strato di fondazione, per garantire l'adesione, si dovrà provvedere alla rimozione della sabbia e/o parti fini eventualmente presenti e alla stesa di una mano di primer bituminoso in ragione di almeno 1,0 – 1,5 kg/m^2.

Qualora si dovesse procedere alla stesa in doppio strato, i due strati dovranno essere sovrapposti nel più breve tempo possibile; tra di essi dovrà essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa acida o bitume preferibilmente modificato in ragione di 0,6÷1,2(rif. par. 13.8.2.1 "Leganti bituminosi di base e modificati" 13.8.2.2 "Emulsioni bituminose").

Tra i vari strati deve comunque essere sempre prevista la mano di attacco.

La miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della fondazione dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultima ai requisiti richiesti di quota, sagoma, densità e portanza previsti alle relative voci.

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici del tipo approvato dalla Direzione Lavori, in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. La DL si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazioni degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione di giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di 2 o più finitrici.

Qualora ciò non fosse possibile, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa acida (rif. par. 13.8.2.1 "Leganti bituminosi di base e modificati" 13.8.2.2 "Emulsioni bituminose"), al 55% in massa, per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre dopo taglio e asportazione della parte terminale di azzeramento, mentre sui giunti di inizio lavorazione si dovrà provvedere all'asporto dello strato sottostante mediante fresatura.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 10 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Nel caso la lavorazione interessi tratti in cui siano presenti giunti di dilatazione (giunti a tampone, acciaio gomma ecc.) per viadotti o ponti, la lavorazione deve essere complanare (mediante fresatura e /o rimozione del conglomerato adiacente al giunto) per avere una superficie viabile con elevate caratteristiche di planarità.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, non dovrà essere inferiore a 140°C. Nel caso di conglomerati bituminosi confezionati con bitume modificato la temperatura di stesa non dovrà essere inferiore a 160 °C.

La stesa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro, in particolare quando la temperatura dell'aria scende sotto 5°C; gli strati eventualmente compromessi, con densità inferiori a quelle richieste, dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a cura e spese dell'ESECUTORE. La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare subito dopo la stesa con vibrofinitrice e condotta a termine senza soluzione di continuità.

La compattazione sarà realizzata di norma a mezzo di rulli tutti semoventi e a rapida inversione di marcia in numero adeguato e aventi massa di almeno 14 t e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

Ugualmente potrà realizzarsi con rulli dei seguenti tipi:

- strato di base e di collegamento - rullo combinato vibrante gommato più rullo gommato con almeno sette ruote e peso del rullo di 12 ton;
- strato di usura - rulli gommati e vibranti tandem con peso di almeno 10 ton.

Potrà essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 10tonn per le operazioni di rifinitura dei giunti e riprese.

Per lo strato di base a discrezione della DL potranno essere utilizzati rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

L'ESECUTORE prima dell'inizio dell'attività di stesa (almeno 15 giorni) dovrà presentare alla Direzione Lavori, per approvazione, una relazione, o un'Istruzione operativa, nella quale venga descritto il sistema di compattazione, elencando il numero dei rulli, le loro caratteristiche tecniche, la velocità durante la compattazione ed i tempi o le temperature d'inizio compattazione. Il sistema di stesa e compattazione e le caratteristiche, in opera, del conglomerato bituminoso dovranno essere qualificate, sulla base dell'Istruzione operativa, realizzando uno strato di prova dello stesso spessore e larghezza, di lunghezza non inferiore a 25 m.

g) Controlli finali

Per ogni lavorazione descritta nel presente Capitolato sono indicati i mezzi più adatti per eseguire un buon costipamento.

A riprova della presenza e del buon uso dei sistemi di compattazione dei diversi strati presenti in opera la percentuale dei vuoti (rilevabile da carotaggi) dovrà risultare nei limiti della Tab. 13.8.6 seguente:

Tab. 13.8.6 Limiti percentuale dei vuoti

Lavorazioni	% dei vuoti (Vm : UNI EN 12697-8)	
	min.	max.
Base	3	9
Binder	3	8

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Usure A e B	3	8

Le verifiche potranno essere fatte anche in corso d'opera con possibilità di richiesta da parte della DL di variazione del sistema di compattazione..

Al termine della compattazione lo strato di base dovrà avere una densità uniforme, in tutto lo spessore, non inferiore al 98% di quella Marshall dello stesso giorno, determinata sul materiale prelevato all'impianto o alla stesa. Tale valutazione, da determinarsi attraverso prove su sei carote di almeno 10 cm di diametro prelevate nei punti indicati dalla DL, sarà eseguita sulla produzione giornaliera secondo UNI EN 12697-9 e almeno ogni 1000 m² realizzati. Il valore risulterà dalla media di due provini che serviranno anche per la determinazione degli spessori finali. Nel caso gli spessori delle carote risultassero inferiori a quelli teorici previsti per lo strato di base si procederà al prelievo di ulteriori 4 carote rappresentative degli stessi 1000 m².

Lo spessore medio di riferimento risulterà dalla media della lunghezza delle 6 carote prelevate.

In ogni caso non saranno ammessi sottospessori superiori al 15% dello spessore dello strato.

In caso di non accettabilità dello strato, si dovrà procedere a totale cura e spese dell'ESECUTORE, alla rimozione e al rifacimento delle parti difettose.

Sulle carote dovranno inoltre essere determinati:

- contenuto di bitume;
- granulometria degli aggregati;
- percentuale dei vuoti residui;
- trazione indiretta Brasiliana.

La superficie degli strati dovrà presentarsi priva di irregolarità e ondulazioni.

Un'asta rettilinea lunga 4,50 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato dovrà aderirvi uniformemente; saranno tollerati scostamenti contenuti nel limite di 10 mm, il tutto nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto, Tale controllo dovrà essere ripetuto ogni 1000 m² di pavimentazione finita.

13.8.4.3.4. Strato di collegamento (binder) e strato di usura

a) Aggregati

aa. Strato di collegamento (binder):

Per lo strato di collegamento (binder) valgono le seguenti prescrizioni:

I requisiti di accettazione degli aggregati impiegati per lo strato di collegamento dovranno essere conformi a quanto previsto dalle norme UNI EN 13043 e UNI EN 13055-2 per gli aggregati leggeri.

Per il prelevamento dei campioni destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione vale la norma UNI EN 932 – 1 mentre per le modalità di esecuzione delle prove stesse valgono le normative di riportate nei par.13.8.2.1 "Leganti bituminosi di base e modificati" 13.8.2.2 "Emulsioni bituminose"e comunque funzione delle caratteristiche degli aggregati stessi richieste.

L'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei che non dovranno avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

Le caratteristiche degli elementi che compongono la frazione grossa dovranno essere le seguenti:

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- perdita di massa alla prova di abrasione Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature, inferiore al 25% del totale UNI EN 1097-2
- coefficiente di appiattimento, escluso la massa di aggregati con pezzature inferiore a 4 mm, determinato in accordo alla UNI EN 933-3, deve essere inferiore o uguale a 15;
- esclusivo impiego di inerti frantumati (privi di facce tonde);
- coefficiente di imbibizione (UNI EN 13755) inferiore a 1%;

L'aggregato fino dovrà essere costituito da sabbie naturali e di frantumazione; la percentuale di queste ultime verrà determinata in relazione ai valori di scorrimento delle prove Marshall, ma comunque non dovrà essere inferiore al 70% della miscela delle sabbie che dovranno rispondere al seguente requisito:

- equivalente in sabbia determinato secondo UNI EN 933-8 non inferiore a 70.

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- alla prova UNI EN 933-10 dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:

  setaccio UNI 2 mm passante in peso 100%

  setaccio UNI n. 0,125 passante in peso 85 - 100%

  setaccio UNI n. 0,063 passante in peso 70 - 100%

- palla e anello (filler/bitume=1.5) (UNI EN 13179-1): ΔR&B> 5%

L'ESECUTORE dovrà eseguire le prove di verifica delle caratteristiche sopra richieste alla qualificazione e ogni 500 m^3 di conglomerato bituminoso fornito.

Nella confezione dei conglomerati bituminosi dei vari strati possono essere impiegate speciali sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume-aggregato (agenti tensioattivi di adesività). Potranno essere impiegati negli strati di base e di collegamento mentre per quello di usura lo saranno a esclusivo giudizio del Direttore dei Lavori e senza che l'ESECUTORE possa chiedere compensi o indennizzi di sorta in quanto l'onere è compreso e compensato nei prezzi delle voci di tariffa.

Dovrà essere scelto tra i prodotti in commercio quello che, sulla base di prove comparative effettuate presso Laboratori autorizzati dal Direttore dei Lavori, avrà dato i migliori risultati e conservi le caratteristiche chimiche anche se sottoposto a temperature elevate e prolungate.

La presenza degli agenti tensioattivi nel legante bituminoso dovrà essere accertata mediante prova di separazione cromatografica su strato sottile.

Il dosaggio potrà variare in relazione alle condizioni di impiego, alla natura degli aggregati e alle caratteristiche del prodotto, tra lo 0,3% e lo 0,6% rispetto alla massa del bitume.

I tipi, i dosaggi e le tecniche di impiego dovranno ottenere il preventivo benestare della Direzione Lavori.

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume dovrà essere realizzata con idonee attrezzature tali da garantirne la loro perfetta dispersione e l'esatto dosaggio.

ab. Strato di usura:

Per lo strato di usura valgono le seguenti prescrizioni:

I requisiti di accettazione degli aggregati impiegati per lo strato di usura dovranno essere conformi a quanto previsto dalle norme UNI EN 13043 e UNI EN 13055-2 per gli aggregati leggeri.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Per il prelevamento dei campioni destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione vale la norma UNI EN 932 – 1 mentre per le modalità di esecuzione delle prove stesse valgono le normative di riportate nel par.13.8.2.1 "Leganti bituminosi di base e modificati", 13.8.2.2 "Emulsioni bituminose" e comunque funzione delle caratteristiche degli aggregati stessi richieste.

L'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei che non dovranno avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

Le caratteristiche degli elementi che compongono la frazione grossa dovranno essere le seguenti:

- perdita di massa alla prova di abrasione Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature, inferiore al 20% del totale UNI EN 1097-2;
- il coefficiente di appiattimento, esclusa la massa di aggregati con pezzature inferiore a 4 mm, determinato in accordo alla UNI EN 933-3, deve essere inferiore o uguale a 15;
- Esclusivo impiego di inerti frantumati (privi di facce tonde);
- coefficiente di imbibizione (UNI EN 13755) inferiore a 1%;
- resistenza alla levigatezza pari a PSV= 44 (UNI EN 1097-8), calcolato col metodo del PSVmix;
- resistenza al gelo/disgelo inferiore o uguale a 1% (UNI EN 1367-1)

L'aggregato fino dovrà essere costituito da sabbie naturali e di frantumazione; la percentuale di queste ultime verrà determinata in relazione ai valori di scorrimento delle prove Marshall, ma comunque non dovrà essere inferiore al 70% della miscela delle sabbie che dovranno rispondere al seguente requisito:

- equivalente in sabbia determinato secondo UNI EN 933-8 non inferiore a 70.

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- alla prova UNI EN 933-10 dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:
  - setaccio UNI 2 mm passante in peso 100%
  - setaccio UNI n. 0,125 passante in peso 85 - 100%
  - setaccio UNI n. 0,063 passante in peso 70 - 100%
- palla e anello (filler/bitume=1.5) (UNI EN 13179-1): ΔR&B> 5%

L'ESECUTORE dovrà eseguire le prove di verifica delle caratteristiche soprarichieste alla qualificazione e ogni 500 m^3 di conglomerato bituminoso fornito.

Nella confezione dei conglomerati bituminosi dei vari strati possono essere impiegate speciali sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume-aggregato (agenti tensioattivi di adesività). Potranno essere impiegati negli strati di base e di collegamento mentre per quello di usura lo saranno a esclusivo giudizio del Direttore dei Lavori e senza che l'ESECUTORE possa chiedere compensi od indennizzi di sorta in quanto l'onere è compreso e compensato nei prezzi delle voci di tariffa.

Dovrà essere scelto tra i prodotti in commercio quello che sulla base di prove comparative effettuate presso Laboratori autorizzati dal Direttore dei Lavori avrà dato i migliori risultati e conservi le caratteristiche chimiche anche se sottoposto a temperature elevate e prolungate.

La presenza degli agenti tensioattivi nel legante bituminoso dovrà essere accertata mediante prova di separazione cromatografica su strato sottile.

Il dosaggio potrà variare in relazione alle condizioni di impiego, alla natura degli aggregati e alle caratteristiche del prodotto, tra lo 0,3% e lo 0,6% rispetto alla massa del bitume.

I tipi, i dosaggi e le tecniche di impiego dovranno ottenere il preventivo benestare della Direzione Lavori.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume dovrà essere realizzata con idonee attrezzature tali da garantirne la loro perfetta dispersione e l'esatto dosaggio.

b) Legante

Il legante bituminoso dovrà avere le caratteristiche indicate al par. par.13.8.2.1 "Leganti bituminosi di base e modificati".

c) Miscela

Le miscele degli aggregati nel caso di strato di collegamento e tappeto di usura dovranno avere rispettivamente la composizione granulometrica contenuta nei fusi della Tab. 13.8.7:

Tab. 13.8.7 Fuso granulometrico per strato di collegamento e tappeto di usura

MISCELA Serie setacci UNI	Passante % totale in massa		
	Binder	Strato di usura tipo A	Strato di usura tipo B
Setaccio20	100	-	-
Setaccio16	90 - 100	100	-
Setaccio12,5	66 - 86	90 - 100	100
Setaccio8	52 - 72	70 - 88	90 - 100
Setaccio4	34 - 54	40 - 58	44 - 64
Setaccio2	25 - 40	25 - 38	28 - 42
Setaccio0,5	10 - 22	10 - 20	12 - 24
Setaccio0,25	6 - 16	8 - 16	8 - 18
Setaccio0,063	4 - 8	6 - 10	6 - 10

Le caratteristiche degli strati saranno:

- Per il binder, quantità di bitume riferito alla miscela in rapporto al 4,1%-5,5% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 4 e 8 cm;
- Per gli strati di usura, quantità di bitume riferiti alla miscela in rapporto al 4,5%-6,1% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 4 e 6 cm per l'usura tipo A e 3 cm per il tipo B.

Il tenore di bitume riferito alla massa totale degli aggregati dovrà comunque essere il minimo che consenta il raggiungimento dei valori di Stabilità Marshall e compattezza richiesti.

Il conglomerato bituminoso dello strato di collegamento e del tappeto di usura dovrà avere i requisiti indicati nella Tab. 13.8.8:

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Tab. 13.8.8 Requisiti fisico-meccanici dello strato di binder e del tappeto di usura

Caratteristiche	Norma di riferimento	Strato di collegamento	Tappeto di usura
a) Stabilità Marshall (kN)	UNI EN 12697-34	≥ 10	≥ 12
b) Scorrimento (mm)	UNI EN 12697-34	≤14	≤13,5
c) Rigidità (a/b)	UNI EN 12697-34	> 3,5	> 5,0
d) Vuoti residui (%)	UNI EN 12697-8	≥3 e ≤6	≥4 e ≤6
e) Perdita stabilità Marshall (%)		≤25	≤25
f) Prova trazione indiretta (brasiliana) (vedere se mettere)	UNI EN 12697-23	0,6	0,7

Per la preparazione dei provini valgono le stesse prescrizioni indicate per il conglomerato di base al par. 13.8.4.3.3 "Strato di base"

Nel caso di impiego di bitumi modificati dovranno essere eseguite, per ogni 1.000 m² di pavimentazione finita, le seguenti prove con i relativi limiti di accettazione:

- deformazione mediante prova d'impronta a 60°C, per un'ora, minore di 2,5 mm (CNR-BU n. 136);
- prova di trazione indiretta a 25 °C maggiore di 1,2 N/mm²(UNI EN 12697-23).

Nel caso in cui la prova Marshall venga effettuata a titolo di controllo della stabilità del conglomerato prodotto, i relativi provini dovranno essere confezionati con materiale prelevato presso l'impianto di produzione e immediatamente costipato senza alcun ulteriore riscaldamento. In tal modo la temperatura di costipamento consentirà anche il controllo delle temperature operative.

d) Controllo dei requisiti di accettazione

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base al par. 13.8.4.3.3-d).

e) Confezionamento delle miscele

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base al par. 13.8.4.3.3-e).

f) Trasporto e posa in opera delle miscele

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base al par. 13.8.4.3.3-f).

g) *Controlli finali*

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base al par. 13.8.4.3.3-g).

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

13.9. SUB – BALLAST

Lo strato di sub-ballast dovrà essere eseguito con conglomerato bituminoso impastato a caldo in adatto impianto di miscelazione di tipo stradale, steso in opera in strato finito compreso tra 8 cm e 12 cm con macchina vibrofinitrice e costipato con idonei rulli metallici e gommati, secondo le caratteristiche e modalità indicate nel seguito.

Soltanto in caso d'interventi particolari, in manutenzione straordinaria, potrà utilizzarsi sub-ballast in misto cementato, con caratteristiche analoghe a quelle indicate nel par. 13.8.4.1 "Fondazione in misto cementato confezionato in centrale". In quest'ultimo caso, salvo diversa indicazione del progettista, il misto cementato dovrà essere steso in strato dello spessore finito di 20 cm dando alla superficie superiore la pendenza trasversale, a partire dall'asse, del 3,5%. Tale strato dovrà essere protetto sulla superficie superiore con emulsione bituminosa con contenuto del 50% di bitume e in ragione di 1,5 Kg/m^2. All'occorrenza lo strato di misto cementato dovrà essere steso con piani di ripresa verticali.

13.9.1. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI COSTITUENTI

Il conglomerato è costituito da una miscela di inerti nuovi (ghiaie, pietrischi, graniglie, sabbie ed additivi) impastata a caldo con bitume semisolido di cui al par. 13.8.2.1 "Leganti bituminosi di base e modificati" di seguito denominato "Bitume", in impianti di tipo fisso automatizzati. Ai fini del loro impiego i conglomerati bituminosi dovranno avere la marcatura CE di cui al par. 13.5.1 "CARATTERISTICHE DEI MATERIALI".

13.9.1.1. Materiali inerti

Gli inerti dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, di forma poliedrica, puliti esenti da polvere e da materiali estranei secondo le norme UNI EN 13043.

Gli elementi litoidi non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

La miscela degli inerti è costituita dall'insieme di aggregati grossi e di aggregati fini e di eventuali additivi (filler) secondo la definizione delle norme UNI EN 13108-1. Ai fini dell'impiego è obbligatoria l'attestazione di conformità (CE) da parte del produttore relativamente (almeno) ai requisiti richiesti.

13.9.1.2. Aggregati

I requisiti di accettazione degli aggregati impiegati dovranno essere conformi a quanto previsto alle norme UNI EN 13043 e UNI EN 13055-2 per gli aggregati leggeri.

Per il prelevamento dei campioni destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione vale la norma UNI EN 932 – 1 mentre per le modalità di esecuzione delle prove stesse valgono le normative riportate nel par. 13.8.4.2 "Misto granulare stabilizzato per fondazione e sottofondazione" e comunque in funzione delle caratteristiche degli aggregati stessi richieste.

L'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei e non dovranno avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

Le caratteristiche degli elementi che compongono la frazione grossa dovranno essere le seguenti:

- perdita di massa alla prova di abrasione Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature, inferiore al 30% del totale (UNI EN 1097-2)
- coefficiente di appiattimento, esclusa la massa di aggregati con pezzature inferiore a 4 mm, determinato in

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

accordo alla UNI EN 933-3, inferiore o uguale a 15;
- coefficiente di imbibizione (EN 13755) inferiore a 1%.

L'aggregato fino dovrà essere costituito da sabbie naturali e/o di frantumazione che si integrino opportunamente dal punto di vista granulometrico. La percentuale di queste ultime verrà determinata in relazione ai valori di scorrimento delle prove Marshall ma, comunque, non dovrà essere inferiore al 70%. La miscela dovrà essere inoltre caratterizzata da un valore di "equivalente in sabbia" non inferiore a 70 (UNI EN 933-8).

Gli eventuali additivi dovranno essere perfettamente asciutti e privi di agglomerazioni provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, polveri d'asfalto e dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- passante in massa al setaccio UNI 0,60 (ASTM n. 30) 100%
- passante in massa al setaccio UNI 0,15 (ASTM n. 100) ≥ 90%;
- passante in massa al setaccio UNI 0,063 (ASTM n 200) ≥ 70%.

L'analisi granulometrica dovrà essere eseguita per via umida.

L'ESECUTORE dovrà eseguire le prove di verifica delle caratteristiche soprarichieste alla qualificazione e ogni 500 m^3 di conglomerato bituminoso fornito.

Nel caso di aggregati di natura acida dovranno essere impiegate speciali sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume - aggregato (agenti tensioattivi di adesività) secondo le percentuali ottimali previste per ciascun tipo di attivante senza che l'ESECUTORE possa chiedere compensi od indennizzi di sorta.

Dovrà essere scelto tra i prodotti in commercio quello che sulla base di prove comparative effettuate presso Laboratori qualificati dal Direttore dei Lavori avrà dato i migliori risultati e conservi le caratteristiche chimiche anche se sottoposto a temperature elevate e prolungate.

La presenza degli agenti tensioattivi nel legante bituminoso dovrà essere accertata mediante prova di separazione cromatografica su strato sottile.

Il dosaggio potrà variare in relazione alle condizioni di impiego, alla natura degli aggregati e alle caratteristiche del prodotto, tra lo 0,3% e lo 0,6% rispetto alla massa del bitume.

I tipi, i dosaggi e le tecniche di impiego dovranno ottenere il preventivo benestare della Direzione Lavori.

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume dovrà essere realizzata con idonee attrezzature tali da garantirne la loro perfetta dispersione e l'esatto dosaggio.

13.9.1.3. Legante bituminoso, caratteristiche di confezionamento e controllo delle miscele

Il legante bituminoso, di norma, dovrà essere del tipo 50/70 e avere le caratteristiche indicate nella Tab. 13.8.1 Caratteristiche dei bitumi di base.

Quando necessario, il conglomerato bituminoso può essere additivato senza richiesta di maggiori compensi, con elastomeri o con inerti speciali (loppe di altoforno ,ecc..). I tratti in cui viene effettuata tale additivazione devono essere preventivamente concordati con le FERROVIE alle quali devono essere comunicate le caratteristiche dei materiali che si intendono impiegare, i relativi dosaggi ottimali nonché i miglioramenti effettivi che si intendono raggiungere. Comunque l'aggiunta dell'elastomero va effettuata durante la miscelazione dell'impasto, mediante una pompa dosatrice o altro sistema idoneo a non alterare la stabilità dell'elastomero; l'immissione di questo deve avvenire dopo l'inizio della spruzzatura del bitume e terminare in tempo utile per consentire l'uniforme mescolamento finale dell'impasto. Il conglomerato bituminoso,

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

additivato con elastomero richiede temperatura di impasto, stesa e rullatura più elevata di almeno 10 °C rispetto a quella del conglomerato normale. Nel laboratorio di cantiere o comunque in laboratorio devono essere effettuate prove del complesso delle caratteristiche dei componenti della miscela e del conglomerato finito con la frequenza stabilita dal Committente tutte le volte che verrà cambiato l'impianto di produzione.

13.9.2. MISCELA

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica determinata in conformità con la UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2 utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base +2 e compresa nei fusi di seguito elencati e una percentuale di bitume riferita al peso della miscela, compresa tra i sottoindicati intervalli per i diversi tipi di conglomerato.

Il tenore di bitume riferito alla massa totale degli aggregati dovrà essere compreso tra 4,1% e 4,8%(UNI EN 12697-1 e 39). Il rapporto in peso filler-bitume deve essere compreso tra 1,5 e 2.

Il conglomerato bituminoso per sub-ballast dovrà avere i seguenti requisiti:

- la miscela degli aggregati da adottarsi dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso indicato nella Tab. 13.9.1:

Tab. 13.9.1 Fuso granulometrico per sub-ballast

MISCELA	Passante
Serie setacci UNI	% totale in massa
Setaccio31,5	100
Setaccio20	80 - 100
Setaccio10	54 - 76
Setaccio4	36 - 56
Setaccio2	23 - 40
Setaccio0,5	10 - 22
Setaccio0,25	8 - 16
Setaccio0,063	6 - 10

- valore della Stabilità Marshall UNI EN 12697-34 eseguita a 60° C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia, non inferiore a 10 kN e lo scorrimento compreso tra 2,0 e 4,0 mm. Il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra la stabilità misurata in kN e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere superiore a 2,5 kN/mm;
- gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa fra 3% e 6% secondo la UNI EN 12697-8;
- perdita di stabilità Marshall: non superiore al 25% (ottenuta dal confronto della stabilità Marshall originaria con quella misurata su provini mantenuti per 24 ore in acqua a 60° C);
- trazione indiretta con la prova Brasiliana (EN 12697-23) superiore a 8 daN/cm² (prova eseguita su provini Marshall a 20°C e velocità di 51 mm/min);

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Il comportamento della miscela ad azioni dinamiche sarà verificato determinando:

- il modulo dinamico a 20° C e a 30° C (frequenza 10 Hertz);
- la resistenza allo scorrimento dinamico: (frequenza 10 Hertz, 2 bar di ampiezza della pressione verticale sinusoidale, a 30° C e con pressione laterale di 1,5 bar).

L'ESECUTORE dovrà prestare particolare attenzione nelle seguenti operzioni:

- gli impasti devono essere preparati in idonei impianti di mescolamento atti ad assicurare la perfetta essiccazione degli inerti ed il loro riscaldamento uniforme alla temperatura di impasto;
- l'efficace separazione, mediante vagliatura, delle varie classi granulometriche e la loro successiva miscelazione con idonee apparecchiature che ne assicurino il preciso dosaggio in peso;
- la separazione della polvere dagli aggregati ed il suo accumulo nell'apposito sito di recupero; tale polvere potrà essere reimpiegata come filler solo se di natura calcarea ed in percentuale tale da coprire non più della metà del fabbisogno totale del filler, comunque subordinatamente all'approvazione di FERROVIE;
- lo stoccaggio del filler extra in apposito silos, la sua uniforme alimentazione ed il suo corretto dosaggio e peso;
- lo stoccaggio del bitume in quantità adeguata alla capacità di produzione dell'impianto, il suo riscaldamento uniforme alla temperatura d'impasto ed il suo corretto dosaggio a peso;
- lo stoccaggio degli eventuali additivi, la loro uniforme alimentazione ed il corretto dosaggio a volume o a peso;
- il miscelamento completo ed uniforme degli inerti con il legante o con gli eventuali additivi. L'impianto di mescolamento deve inoltre essere munito di termometri collegati all'uscita del cilindro essiccatore ed alle tramogge a caldo. Le cisterne del bitume devono essere fornite di sistema di riscaldamento, di tipo adatto ad evitare surriscaldamenti locali nonché di termostato e di termometro. I sistemi di dosaggio, i termometri ed i termostati devono essere verificati periodicamente onde assicurarne sempre la precisione.

13.9.3. CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE

L'ESECUTORE ha l'obbligo di fare eseguire tutte le prove richieste sui campioni di aggregato e di legante per la relativa accettazione.

L'ESECUTORE è tenuto a presentare con almeno 30 giorni di anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione lo studio delle miscele che intende adottare, secondo il metodo Marshall.

Ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione delle determinazioni effettuate in laboratorio, attraverso le quali l'ESECUTORE avrà ricavato la composizione ottimale.

La Direzione Lavori si riserva di approvare le miscele o di fare eseguire nuove sperimentazioni.

L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'ESECUTORE, in merito al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

Non sarà ammessa una variazione del contenuto di aggregato grosso superiore a ± 5%, di sabbia superiore a±3% e di additivo superiore a±1,5% sulla percentuale corrispondente alla curva granulometrica definita nello studio preliminare.

Per la quantità di bitume non sarà tollerato uno scostamento dalla percentuale stabilita maggiore di ± 0,3%.

In ogni cantiere di lavoro dovrà essere installato a cura e spese dell'ESECUTORE un laboratorio idoneamente attrezzato per le prove e i controlli in corso di produzione e finali, condotto da personale appositamente addestrato.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

In questo laboratorio dovranno essere effettuate, quando necessarie e almeno con frequenza giornaliera:

- la verifica granulometrica dei singoli aggregati approvvigionati in cantiere e quella degli aggregati stessi all'uscita dei vagli di riclassificazione;
- la verifica della composizione del conglomerato (granulometria degli aggregati, percentuale del bitume, percentuale di additivo) prelevando il conglomerato all'uscita del mescolatore o a quella della tramoggia di stoccaggio;
- la verifica delle caratteristiche Marshall del conglomerato e precisamente:
  - massa volumica (UNI EN 12697-9);
  - percentuale di vuoti (UNI EN 12697-8);
  - stabilità e rigidità Marshall (UNI EN 12697-34);
  - umidità residua degli aggregati all'uscita dall'essiccatore;
  - ogni altro controllo ritenuto opportuno dalla Direzione Lavori.

Inoltre saranno effettuati i seguenti controlli:

- taratura delle bilance e dei termometri dell'impianto (mensile);
- caratteristiche del bitume (settimanale).

In cantiere dovrà essere tenuto apposito registro numerato e vidimato dalla Direzione Lavori sul quale l'ESECUTORE dovrà giornalmente registrare tutte le prove e i controlli effettuati.

In corso d'opera e in ogni fase delle lavorazioni la Direzione Lavori effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche, prove e controlli, atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

13.9.4. CONFEZIONE DELLE MISCELE

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi automatizzati, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità per non pregiudicare il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela e una perfetta vagliatura che assicuri un' idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati; resta pertanto escluso l'uso dell'impianto a scarico diretto.

L'impianto dovrà comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

Il dosaggio dei costituenti della miscela dovrà essere eseguito a massa mediante idonea apparecchiatura la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta e a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati sarà preventivamente e convenientemente sistemata per eliminare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Il tempo di miscelazione effettivo sarà stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto e dell'effettiva temperatura raggiunta dai costituenti la miscela, in misura tale da permettere un completo e uniforme rivestimento degli aggregati con il legante; comunque esso non dovrà mai scendere al di sotto dei 30 secondi.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Le temperature d'impasto devono essere, di norma, salvo diverse disposizioni del Progettista in rapporto al tipo di bitume impiegato, le seguenti:

- bitume 170° ± 10 C
- aggregati 165 ° ± 10 C
- filler ambiente
- additivi ambiente

Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge "calde" degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e tarati mensilmente.

L'umidità residua degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà di norma superare lo 0,2 %.

13.9.5. TRASPORTO E POSA IN OPERA DELLE MISCELE

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto a cassone metallico a perfetta tenuta, di adeguata portata, puliti,efficienti e comunque sempre dotati di coperture per evitare raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni. Per evitare l'adesione dell'impasto al fondo e alle pareti del cassone, questi possono essere umettati con olio o gasolio, avendo però cura di asportare ogni eccesso di tali materiali onde evitare l'inquinamento dell'impasto. La percorrenza stradale dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa non dovrà essere superiore a 70 Km.

Prima della stesa del conglomerato sullo strato di supercompattato, per garantire l'adesione, si dovrà provvedere alla rimozione della sabbia e/o parti fini eventualmente presenti.

La miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della piattaforma dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultima ai requisiti richiesti di quota, sagoma, densità e portanza previsti nella sezione 5 "Opere in terra e scavi" del presente Capitolato.

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici munite di piastre vibranti riscaldate, del tipo approvato dalla Direzione Lavori, in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento atti ad assicurare che la superficie finale dello strato steso e compatto risulti perfettamente sagomata e conforme ai profili ed alle pendenze in progetto.

La DL si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazioni degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione di giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di 2 o più finitrici.

Qualora ciò non fosse possibile, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa acida, al 55% in massa, per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulta danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre dopo taglio e asportazione della parte terminale di azzeramento, mentre sui giunti d'inizio lavorazione si dovrà provvedere all'asporto dello strato sottostante mediante fresatura.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno cm 20.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Nel caso che l'ESECUTORE scelga di realizzare lo strato di 12 cm in un'unica stesa ma su metà piattaforma, il giunto longitudinale deve coincidere con l'asse piattaforma.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, non dovrà essere inferiore a 140°C. Nel caso di conglomerati bituminosi confezionati con bitume modificato la temperatura di stesa non dovrà essere inferiore a 160 °C.

La stesa del sub-ballast dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro, in particolare quando la temperatura dell'aria scende sotto 5°C, quando il piano di posa si presenta sporco e/o bagnato. Per evitare soste durante la lavorazione, che possono provocare irregolarità nella stesa, la velocità di avanzamento della finitrice deve essere regolata in base all'effettiva capacità di approvvigionamento del conglomerato bituminoso.

Gli strati eventualmente compromessi, con densità inferiori a quelle richieste, dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a cura e spese dell'ESECUTORE.

La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare subito dopo la stesa con vibrofinitrice e sarà condotta a termine senza soluzione di continuità.

La compattazione del conglomerato bituminoso deve essere eseguita immediatamente dopo la stesa, con rulli che consentano un adeguato ed uniforme costipamento dell'impasto nonché la corretta finitura e sagomatura della superficie dello strato. Devono pertanto essere impiegati almeno un rullo gommato e uno metallico, semoventi e a rapida inversione di marcia o sistemi misti. La rullatura deve essere iniziata alla più alta temperatura possibile dell'impasto steso, comunque, non inferiore a 130 gradi °C, procedendo a compattare anzitutto il giunto longitudinale con la striscia precedentemente stesa, previa spalmatura di una mano di bitume nel giunto, passando poi a rullare l'altro lato della nuova striscia, proseguendo, quindi, gradualmente verso il centro (ogni passaggio del rullo deve essere sovrapposto per circa metà larghezza al passaggio precedente) e tornando infine sul giunto longitudinale. La piattaforma completa deve essere ottenuta con sole due strisciate con giunto coincidente con l'asse della piattaforma. Questa operazione va ripetuta per ciascun rullo adoperato finche l'impasto non mostri più alcun aggrinzamento al passaggio del rullo; per contro l'operazione deve essere interrotta se si manifesta una eccessiva tendenza al dislocamento dell'impasto per temperatura troppo alta o alla fessurazione per temperatura troppo bassa. Allo scopo di impedire la formazione di impronte permanenti, si deve assolutamente evitare che i rulli vengano arrestati sullo strato ancora caldo. La stesa e la rullatura devono essere eseguite in modo che l'avanzamento giornaliero sia completo sull'intera larghezza della piattaforma.

L'ESECUTORE prima dell'inizio dell'attività di stesa (almeno 15 giorni) dovrà presentare alla Direzione Lavori, per approvazione, una relazione o un'Istruzione operativa nella quale venga descritto il sistema di compattazione, elencando il numero dei rulli, le loro caratteristiche tecniche, la velocità durante la compattazione ed i tempi o le temperature d'inizio compattazione. Il sistema di stesa e compattazione e le caratteristiche in opera del conglomerato bituminoso dovranno essere qualificate, sulla base della suddetta Istruzione operativa, realizzando uno strato di prova dello stesso spessore e larghezza e di lunghezza non inferiore a 25 (venticinque) m.

Si avrà cura inoltre che la compattazione venga condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

13.9.6. CONTROLLI FINALI

Al termine della compattazione dovranno essere eseguiti i seguenti controlli finali:

1.Densità: La densità (UNI EN 12697-9) di tasselli o carote indisturbati, prelevati dallo strato completato,

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

non deve essere inferiore al 98% della densità dei provini Marshall corrispondenti.

Tale valutazione sarà eseguita sulla produzione giornaliera secondo UNI EN 12697-9e almeno ogni 1.000 m² realizzati. La densità dello strato realizzato sarà determinata dalla media di quella relativa a due carote di diametro non inferiore a 10 cm che dovranno essere prelevate nei punti indicati dal DL.

2.Caratteristiche del conglomerato: sulle stesse due carote del punto 1. dovranno inoltre essere determinati:

- contenuto di bitume: si ammette uno scostamento massimo rispetto al valore di qualifica pari allo 0,2%;
- granulometria degli aggregati: sono ammesse le seguenti tolleranze rispetto ai valori di qualifica:
  - aggregato grosso: +/- 5%;
  - aggregato fino (sabbia): +/- 3%;
  - filler (additivo): +/- 0,3%.
- trazione indiretta Brasiliana (UNI EN 12697-23): non minore di 0,6 N/mm²;
- percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8): compresa fra il 3% ed il 6%.

3. Spessore dello strato: le stesse carote saranno utilizzate anche per la determinazione dello spessore finale dello strato, per il quale si ammette una tolleranza massima di 0,5 cm in meno rispetto allo spessore di progetto.

Nel caso in cui lo spessore, anche di una sola carota,risultasse inferiore a tale limite, si procederà al prelievo di almeno ulteriori 4 carote in punti scelti dalla DL nell'ambito dei 1.000 m² (o della superficie realizzata nella giornata) da controllare.

In prossimità dei punti in cui è stato riscontrato il ridotto spessore saranno eseguite prove di carico su piastra aggiuntive rispetto a quelle sotto indicate.

Lo spessore dello strato sarà considerato accettabile se:

- non si saranno ottenuti complessivamente più di due valori fuori tolleranza;
- non si saranno ottenuti casi di sottospessori maggiori di 1 cm;
- tutte le prove di carico su piastra avranno dato risultato positivo.

4. Modulo di deformazione: lo strato finito dovrà avere un modulo di deformazione misurato con prova di carico su piastra (primo modulo di deformazione con modalità di cui al Bollettino Ufficiale CNR n° 146 dell'14/12/1992, ma con temperatura dello strato compresa tra 20°C e 30°C) non inferiore a 200 N/mm².

Qualora la prova venga eseguita quando la temperatura dello strato è compresa tra 10°C e 19,9°C , il modulo risultante dovrà essere non inferiore a 220 N/mm².

La prova non può essere eseguita quando la temperatura dello strato è inferiore a 10°C.

Tale determinazione deve essere eseguita attraverso due prove effettuate presso i punti dai quali sono state prelevate le prime due carote ed eventualmente attraverso le prove aggiuntive eseguite, come sopra indicato, nei punti con ridotto spessore.

5. Regolarità della superficie: la superficie degli strati dovrà presentarsi priva di irregolarità e ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4,50 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato dovrà aderirvi uniformemente; saranno tollerati scostamenti contenuti nel limite di 10 mm, il tutto nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto; tale controllo dovrà essere ripetuto ogni 1000 m² di strato di sub-ballast finito.

6. Quota: la quota finale dell'asse e dei cigli del rilevato misurata sopra il sub-ballast deve rispettare quella di progetto con il margine di tolleranza +1cm ¸ -2cm.
La misura deve essere presa a cedimenti esauriti o quando il gradiente di sviluppo dei cedimenti sia prossimo

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

a zero e lasci prevedere un cedimento residuo trascurabile in rapporto alle tolleranze.

Nel caso in cui anche uno solo dei requisiti sopra indicati non sia rispettato, si procederà, a totale cura e spese dell'ESECUTORE, all'individuazione della zona non accettabile, alla sua demolizione ed al suo rifacimento.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

13.10. PAVIMENTAZIONI DI OPERE STRADALI ACCESSORIE

Perimetralmente alle aree di lavoro e/o manovra e lungo le strade ove sia previsto il transito di persone, dovranno essere previsti appositi percorsi preferenziali per la viabilità pedonale realizzati mediante marciapiedi.

Le dimensioni e la sezione trasversale dei marciapiedi saranno definiti dai disegni di progetto; le caratteristiche principali dei materiali e quelle inerenti la realizzazione sono definite nel seguito.

13.10.1. Marciapiedi

a - Cordoli

I marciapiedi saranno di norma delimitati (verso il piano viario) da un cordolo in conglomerato cementizio prefabbricato (o in pietra da taglio); le dimensioni del cordolo saranno quelle specificate nei disegni di progetto.

Gli elementi costituenti i cordoli, rettilinei o curvilinei con spigoli vivi o arrotondati, dovranno essere dotati di idonei sistemi di incastro (maschio-femmina) e i giunti dovranno essere sigillati con malta cementizia a ritiro compensato e con rapporto a/c inferiore a 0,50.

I cordoli dovranno essere posati su malta cementizia di allettamento e dovranno essere realizzati in maniera tale da consentire il convogliamento e il regolare deflusso delle acque meteoriche.

b - Pavimentazione

I marciapiedi potranno essere pavimentati con:

- asfalto colato;
- mattonelle di asfalto naturale compresso;
- cubetti di porfido;
- masselli di calcestruzzo.

b.1 - Pavimentazione in asfalto colato

Dovrà essere eseguita su idoneo sottofondo, per uno spessore finito di 2 cm, e con una miscela preparata a caldo dei seguenti costituenti indicati con le percentuali in massa:

- mastice di asfalto 50%;
- bitume 5% con penetrazione Dow compresa fra 40 e 50 cm;
- sabbia 5%;
- graniglia 40%.

b.2 - Pavimentazione con mattonelle di asfalto naturale compresso

Le mattonelle, di spessore di 3 o 4 cm, dovranno essere posate su uno strato di malta cementizia, di spessore non inferiore a cm 2, e le connessure (di spessore non superiore a 1 mm) saranno successivamente sigillate con cemento.

La malta cementizia sarà formata da 1.500 kg di sabbia con curva granulometrica compresa tra 0,05 e 2 mm e 400 kg di cemento pozzolanico.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

E' consentito l'uso di premiscelati aventi le stesse caratteristiche per la posa di mattonelle precompresse.

Il coefficiente di usura delle mattonelle di asfalto non dovrà superare i 13 mm, l'impronta non dovrà risultare superiore a 0.2 mm e la resistenza a flessione dovrà essere maggiore di 3 N/mm² (R.D. 16/11/39 n° 2234).

b.3 - Pavimentazione in cubetti di porfido

I cubetti dovranno essere posati su un letto di sabbia di spessore minimo 5 cm steso su sottofondo di conglomerato cementizio, con giacitura ad archi contrastati, battitura della pavimentazione, sigillatura dei giunti con mastice bituminoso a caldo e spolveratura superficiale di sabbia.

b.4 - Pavimentazione in masselli di calcestruzzo autobloccanti.

Nelle lavorazioni di posa dei masselli autobloccanti, sono quando utilizzati per le pavimentazioni pedonali e carrabili, devono comprendere in entrambi i casi anche la posa dei cordoli. I masselli autobloccanti devono essere marcati CE in conformità alla norma UNI EN 1338.

I masselli dovranno essere posati su un letto di sabbia dello spessore non minore di 10 cm ovvero su un sottofondo di calcestruzzo magro poroso.

Nel caso di posa su un letto di sabbia le modalità d'esecuzione saranno:

- posa in opera di telo "tessuto non tessuto" della massa di kg 0,3/m²;
- formazione del sottofondo mediante stendimento, livellamento con realizzazione delle pendenze e costipamento di un primo strato di pietrischetto, con pezzatura da 1 cm e 3 cm, e di un secondo strato di sabbia;
- posa in opera dei masselli e successivo costipamento con piastra vibrante;
- sigillatura dei giunti su tutta la superficie pavimentata con sabbia e sigillatura laterale con mastice d'asfalto.

c. - Controlli

Le caratteristiche delle miscele e dei prodotti impiegati nonché gli spessori del sottofondo dovranno essere verificati ogni 500 metri di marciapiede realizzato con un minimo di una prova per ogni singolo marciapiede.

Sui masselli di calcestruzzo le prove e i limiti di accettazione saranno quelli previsti dalla norma UNI EN 1338.

13.10.1.1. Parcheggi

La pavimentazione dei parcheggi sarà eseguita come indicato nei disegni di progetto con la pavimentazione di categoria D oppure con masselli in calcestruzzo vibro compresso autobloccanti, di spessore 6 cm, con strato superiore antiusura in quarzo.

I masselli in calcestruzzo saranno posti in opera a secco, sul letto di sabbia, di spessore minimo 5 cm, costituito da elementi di granulometria non superiore a 5 mm. Ai lati del percorso o delle aree di sosta saranno posti elementi di bordatura con funzione di contenimento della sabbia e della spinta orizzontale della pavimentazione sottoposta a carichi.

I singoli elementi della pavimentazione, accostati tra loro, saranno battuti con mazzuola di gomma a posa finita; tutta la superficie pavimentata sarà vibrata con apposita macchina dotata di piastra rotante in acciaio con protezione inferiore in gomma.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La sigillatura finale si realizzerà stendendo sul pavimento vibrato uno strato di sabbia finemente vagliata, con granulometria non superiore a 2 mm, così da completare la sigillatura tra i giunti autobloccanti.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI

PARTE II - SEZIONE 14
BARRIERE ANTIRUMORE

14.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
14.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
14.3 DEFINIZIONI
14.4 ABBREVIAZIONI
14.5 ONERI GENERALI
14.6 ELEMENTI E MATERIALI COSTITUENTI LE BARRIERE ANTIRUMORE ARTIFICIALI
14.7 CARATTERISTICHE DELLE BARRIERE ANTIRUMORE ARTIFICIALI
14.8 PROVE
14.9 PROCEDURA PER L'OMOLOGAZIONE DELLE BARRIERE ANTIRUMORE PER IMPIEGHI FERROVIARI
14.10 ACCETTAZIONE DELLA FORNITURA IN CANTIERE
14.11 CONTROLLI IN OPERA
14.12 COLLAUDO
14.13 TIPOLOGIE DI BARRIERE ANTIRUMORE PER IMPIEGHI FERROVIARI

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica tecnica	Autorizzazione
A	30/06/14	Emissione per applicazione	A. Rabotti	C. Giangrande	P. Firmi

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

INDICE

14.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE 5
14.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO 5
14.2.1 NORMATIVA EUROPEA 5
14.2.2 NORMATIVA NAZIONALE 8
14.2.3 NORMATIVA FERROVIARIA 8
14.2.4 DOCUMENTAZIONE TECNICA 9
14.3 DEFINIZIONI 9
14.4 ABBREVIAZIONI 10
14.5 GENERALITA' 11
14.6 ELEMENTI COSTITUENTI LE BARRIERE ANTIRUMORE ARTIFICIALI 12
14.6.1 PREMESSA 12
14.6.2 PANNELLI 12
14.6.2.1 Pannelli in acciaio inox 12
14.6.2.2 Pannelli in cemento armato 15
14.6.2.3 Pannelli in vetro 16
14.6.2.4 Pannelli realizzati con altri materiali o con soluzioni innovative 17
14.6.3 MONTANTI 17
14.6.3.1 Montanti metallici 17
14.6.3.2 Montanti in materiali diversi 17
14.6.4 ACCESSORI 17
14.6.4.1 Accessori metallici 17
14.6.4.2 Guarnizioni e Sigillanti 19
14.6.5 PORTE DI SERVIZIO 20
14.7 CARATTERISTICHE DELLE BARRIERE ANTIRUMORE ARTIFICIALI 20
14.7.1 CARATTERISTICHE ACUSTICHE DEI PANNELLI 20
14.7.1.1 Pannelli fonoassorbenti 20
14.7.1.2 Pannelli non fonoassorbenti 22
14.7.2 CARATTERISTICHE ACUSTICHE DELLA BARRIERA 23
14.7.3 CARATTERISTICHE NON ACUSTICHE DELLA BARRIERA 23
14.7.3.1 Premessa 23
14.7.3.2 Caratteristiche costruttive delle barriere 23
14.7.3.2.1 Geometria delle barriere 23
14.7.3.2.2 Sentiero pedonale e Vie di accesso 23
14.7.3.2.3 Sistemazione del corpo stradale 24
14.7.3.2.4 Particolarità costruttive delle barriere 24
14.7.3.2.5 Barriere sui ponti 24
14.7.3.2.6 Tolleranze di costruzione e montaggio 25
14.7.3.2.7 Protezione elettrica 25
14.7.3.2.8 Protezione ambientale 25

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

14.8 PROVE 27
14.8.1 PROVA DI FONOASSORBIMENTO 27
14.8.2 PROVA DI FONOISOLAMENTO 27
14.8.3 PROVA DI PERDITA PER INSERZIONE (INSERTION LOSS) IN CAMPO LIBERO ACCETTABILITÀ PROVVISORIA) 27
14.8.4 PROVA DI DETERMINAZIONE DEL PESO PROPRIO 30
14.8.5 PROVA DI STABILITA' 30
14.8.6 PROVA DI IMPATTO 30
14.8.7 PROVA A FATICA 30
14.8.7.1 Documenti di riferimento 30
14.8.7.2 Oggetto della prova 30
14.8.7.3 Esempio di attrezzatura di prova 31
14.8.7.4 Campioni da sottoporre a prove 31
14.8.7.5 Procedura di prova 32
14.8.7.5.1 Test a flessione 32
14.8.7.5.2 Test a torsione 32
14.8.7.6 Criteri di accettazione 33
14.8.7.7 Rapporto di prova 33
14.9 PROCEDURA PER L'OMOLOGAZIONE DELLE BARRIERE ANTIRUMORE PER IMPIEGHI FERROVIARI 37
14.9.1 VALIDITÀ E LIMITI DELL'OMOLOGAZIONE 38
14.10 ACCETTAZIONE DELLA FORNITURA IN CANTIERE 39
14.10.1 PROCEDURA DI CONTROLLO DELLA PRODUZIONE 39
14.10.2 PANNELLI 40
14.10.2.1 Controllo dei pannelli in accaio inox finito 41
14.10.2.2 Controllo dei pannelli in cemento armato finito 41
14.10.2.3 Controllo dei pannelli in vetro finito 42
14.10.2.4 Controllo dei materiali costituenti i pannelli 42
14.10.2.4.1 Acciaio inox 42
14.10.2.4.2 Acciaio zincato e verniciato 43
14.10.2.4.3 Gomma 44
14.10.2.4.4 Bulloneria del pannello 44
14.10.2.4.5 Lana minerale 45
14.10.2.4.6 Polipropilene 45
14.10.2.4.7 Acciaio per cemento armato e calcestruzzo 45
14.10.2.4.8 Vetro 45
14.10.3 MONTANTI, BULLONI E TIRAFONDI 45
14.10.3.1 Controllo dei materiali **45**
14.10.3.2 Controllo sul montante finito **45**
14.11 CONTROLLI IN OPERA 46
14.12 COLLAUDO 47

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

14.12.1 COLLAUDO STATICO 47

14.12.2 COLLAUDO ACUSTICO 47

14.12.2.1 Prova di perdita per inserzione (Insertion Loss) della barriera in opera (accettabilità definitiva) **47**

14.12.2.2 Verifiche post operam dell'avvenuta mitigazione 48

14.13 TIPOLOGIE DI BARRIERE ANTIRUMORE PER IMPIEGHI FERROVIARI 49

14.13.1 BARRIERA STANDARD HS 49

14.13.1.1 Scelte progettuali 49

14.13.1.2 La flessibilità architettonica, acustica e costruttiva 50

14.13.2 BARRIERE VEGETALI 51

14.13.2.1 Duna antirumore 51

14.13.2.2 Muri vegetali 51

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

14.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Lo scopo della presente sezione di Capitolato è:

- definire i materiali e le caratteristiche, costruttive, acustiche e funzionali, delle barriere antirumore ferroviarie e dei componenti che la costituiscono;
- definire le metodologie di prova per la verifica della conformità delle barriere e dei suoi componenti alle prescrizioni di legge, alle specifiche ferroviarie e ai requisiti progettuali;
- fornire una procedura per l'omologazione delle barriere antirumore e dei singoli componenti che la costituiscono;
- indicare le modalità per l'accettazione delle forniture in cantiere;
- definire le prove finalizzate al collaudo acustico delle barriere antirumore;
- descrivere le tipologie di barriere antirumore standard per impieghi ferroviari.

La presente sezione di Capitolato si applica alle barriere antirumore da realizzare ai lati di linee ferroviarie.

Essa deve essere richiamata nei contratti, nei capitolati d'appalto, nelle specifiche di costruzione e nelle convenzioni con gli Enti aventi per oggetto la realizzazione di barriere antirumore ferroviarie.

Questo documento recepisce, limitatamente alle parti trattate nel presente Capitolato, i seguenti documenti:

- Disciplinare Tecnico per Barriere Antirumore per impieghi ferroviari Ed. '98 e s.m.i;
- Procedura per la omologazione delle barriere antirumore per impieghi ferroviari (di cui alla nota RFI-DIN\A\0011\P\2008\0000721 del 8.04.2008.

14.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo.

Si elencano di seguito la principale normativa e la documentazione di riferimento.

14.2.1 NORMATIVA EUROPEA

- Direttiva 97/69/CE della Commissione del 5 dicembre 1997, Recante ventitreesimo adeguamento al progresso tecnico della direttiva 67/548/CEE del Consiglio concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura delle sostanze pericolose;
- ISO 34-1:2010, Rubber, vulcanized or thermoplastic -- Determination of tear strength -- Part 1: Trouser, angle and crescent test pieces;
- UNI ISO 188:2012, Gomma vulcanizzata o termoplastica - Prove di invecchiamento accelerato e di resistenza al calore;
- UNI EN 206:2014 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità;
- UNI ISO 247:2014, Gomma - Determinazione della cenere;
- UNI EN 356:2002, Vetro per edilizia - Vetro di sicurezza - Prove e classificazione di resistenza contro l attacco manuale;
- UNI EN ISO 354:2003, Acustica - Misura dell assorbimento acustico in camera riverberante;
- UNI EN ISO 527-1:2012, Materie plastiche - Determinazione delle proprietà a trazione - Parte 1: Principi generali;
- UNI EN ISO 527-2:2012, Materie plastiche - Determinazione delle proprietà a trazione - Parte 2: Condizioni di prova per materie plastiche per stampaggio ed estrusione;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- UNI EN ISO 717/1-2013: Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 1: Isolamento acustico per via aerea;
- UNI ISO 812:2012, Gomma vulcanizzata o termoplastica - Determinazione della fragilità a bassa temperatura;
- UNI EN ISO 898-1:2013, Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio - Parte 1: Viti e viti prigioniere con classi di resistenza specificate - Filettature a passo grosso e a passo fine;
- UNI EN ISO 898-2:2013, Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio al carbonio e acciaio legato - Parte 2: Dadi con classi di resistenza specificate - Filettatura a passo grosso e filettatura a passo fine;
- UNI EN ISO 1183-1:2013, Materie plastiche - Metodi per la determinazione della massa volumica delle materie plastiche non alveolari - Parte 1: Metodo ad immersione, metodo del picnometro in mezzo liquido e metodo per titolazione;
- UNI EN ISO 1431-1:2013, Gomma vulcanizzata o termoplastica - Resistenza al deterioramento in ozono - Parte 1: Prova in condizioni di deformazione statiche e dinamiche;
- UNI EN ISO 1461:2009, Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova
- UNI EN ISO 1519:2011, Pitture e vernici - Prova di piegatura (mandrino cilindrico);
- UNI EN ISO 1520:2011, Pitture e vernici - Prova di imbutitura;
- UNI EN 1794-1:2011, Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale - Prestazioni non acustiche - Parte 1: Prestazioni meccaniche e requisiti di stabilità;
- UNI EN 1794-2:2011, Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale - Prestazioni non acustiche - Parte 2: Requisiti generali di sicurezza e ambientali;
- UNI EN ISO 2409:2013, Pitture e vernici - Prova di quadrettatura;
- UNI ISO 2781:2011, Gomma, vulcanizzata o termoplastica - Determinazione della massa volumica;
- UNI EN ISO 2808:2007, Pitture e vernici - Determinazione dello spessore del film;
- UNI EN ISO 3231:1999, Pitture e vernici - Determinazione della resistenza alle atmosfere umide contenenti diossido di zolfo;
- UNI EN ISO 3651-2:2000, Determinazione della resistenza alla corrosione intergranulare degli acciai inossidabili - Acciai inossidabili ferritici, austenitici ed austenitici- ferritici (duplex) - Prova di corrosione in ambienti contenenti acido solforico
- UNI EN ISO 4624:2011, Pitture e vernici - Misura dell'adesione mediante prova di trazione
- UNI EN ISO 4628-2:2013, Pitture e vernici - Valutazione del degrado dei rivestimenti - Indicazione della quantità e delle dimensioni dei difetti, e dell intensità di variazioni di aspetto uniformi - Parte 2: Valutazione del grado di vescica mento;
- UNI ISO 4650:2013, Gomma - Identificazione - Metodi spettrometrici nell'infrarosso;
- UNI ISO 4661-2:1990, Elastomeri: Prove su vulcanizzati. Preparazione di campioni e di provini. Prove chimiche;
- UNI EN ISO 6892-1:2009, Materiali metallici - Prova di trazione - Parte 1: Metodo di prova a temperatura ambiente;
- UNI EN ISO 6272-1:2013, Pitture e vernici - Prove di deformazione rapida (resistenza all'urto) - Parte 1: Prova con massa cadente con punzone di larga superficie;
- UNI EN ISO 6272-2:2013, Pitture e vernici - Prove di deformazione rapida (resistenza all'urto) - Parte 2: Prova della caduta di un peso con punzone a superficie ridotta;
- UNI EN ISO 7089:2001, Rondelle piane - Serie normale - Categoria A;
- UNI ISO 7619-1:2011, Gomma, vulcanizzata o termoplastica - Determinazione della durezza di penetrazione - Parte 1: Metodo mediante durometro (durezza Shore);

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- ISO 7724-3:1984, Paints and varnishes - Colorimetry - Part 3: Calculation of colour differences;
- UNI EN ISO 9227:2012, Prove di corrosione in atmosfere artificiali - Prove di nebbia salina;
- UNI EN ISO 10140-3:2010, Acustica - Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio - Part 3: Misurazione dell'isolamento del rumore da calpestio;
- UNI EN 10025-1:2005, Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura;
- UNI EN 10025-2:2005, Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali;
- UNI EN 10080:2005, Acciaio d'armatura per calcestruzzo - Acciaio d'armatura saldabile – Generalità;
- UNI EN 10083-1:2006, Acciai da bonifica - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura;
- UNI EN 10083-2:2006, Acciai da bonifica - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura per acciai non legati;
- UNI EN 10083-3:2006, Acciai da bonifica - Parte 3: Condizioni tecniche di fornitura per acciai legati;
- UNI EN 10088-1:2005, Acciai inossidabili - Parte 1: Lista degli acciai inossidabili;
- UNI EN 10088-2:2005, Acciai inossidabili - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura delle lamiere, dei fogli e dei nastri di acciaio resistente alla corrosione per impieghi generali;
- UNI EN 10088-3:2005, Acciai inossidabili - Parte 3: Condizioni tecniche di fornitura dei semilavorati, barre, vergella, filo, profilati e prodotti trasformati a freddo di acciaio resistente alla corrosione per impieghi generali;
- UNI EN 10204:2005, Prodotti metallici - Tipi di documenti di controllo;
- UNI EN 12504-2:2012, Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 2: Prove non distruttive - Determinazione dell'indice sclerometrico;
- UNI EN 13501-1:2009, Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 1: Classificazione in base ai risultati delle prove di reazione al fuoco;
- UNI EN ISO 15630-1:2010, Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 1: Barre, rotoli e fili;
- UNI EN ISO 15630-2:2010, Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 2: Reti saldate;
- UNI EN 16272-1:2012, Applicazioni ferroviarie - Binario - Barriere antirumore e dispositivi correlati che agiscono sulla propagazione del suono per via aerea - Metodo di prova per determinare la prestazione acustica - Parte 1: Caratteristiche intrinseche - Assorbimento acustico in laboratorio in condizioni di campo diffuso;
- UNI EN 16272-2:2012, Applicazioni ferroviarie - Binario - Barriere antirumore e dispositivi correlati che agiscono sulla propagazione del suono per via aerea - Metodo di prova per determinare la prestazione acustica - Parte 2: Caratteristiche intrinseche - Isolamento acustico per via aerea in laboratorio in condizioni di campo diffuso;
- UNI EN ISO 16474-1:2014, Pitture e vernici - Metodi di esposizione a sorgenti di luce di laboratorio - Parte 1: Guida generale;
- UNI EN ISO 16474-3:2014, Pitture e vernici - Metodi per l'esposizione a sorgenti di luce di laboratorio - Parte 3: Lampade UV fluorescenti;
- UNI ISO 23529:2011, Gomma - Procedure generali per la preparazione e il condizionamento dei provini per prove fisiche;
- EN 50122-1:2011, Railway applications - Fixed installations - Electrical safety, earthing and the return circuit - Part 1: Protective provisions against electric shock;
- ASTM A240:2014, Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate,

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications;
- ASTM E1252:2013, Standard Practice for General Techniques for Obtaining Infrared Spectra for Qualitative Analysis.

14.2.2 NORMATIVA NAZIONALE

- Legge del 5 novembre 1971, n. 1086, "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" e successive circolari applicative;
- Legge del 26 aprile 1974, n. 191 "Prevenzione degli infortuni sul lavoro nei servizi e negli impianti gestiti dall'Azienda autonoma delle ferrovie dello Stato";
- D.P.R. del 1 giugno 1979, n. 469 "Regolamento di attuazione della legge 26 aprile 1974 n. 191 sulla prevenzione degli infortuni sul lavoro nei servizi e negli impianti gestiti dall'azienda autonoma delle ferrovie dello stato;
- D.P.R. del 11 agosto 1980, n. 753, "Norme in materia di polizia, sicurezza e regolarità dell'esercizio delle Ferrovie e di altri servizi di trasporto";
- D.M. del 16 marzo 1998, "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico";
- D.P.R. del 31 marzo 1998, "Atto di indirizzo e coordinamento recante criteri generali per l'esercizio dell'attività del tecnico competente in acustica, ai sensi dell'art. 3, comma 1, lettera b), e dell'art. 2, commi 6, 7 e 8, della Legge quadro sull'inquinamento acustico n. 447 del 26 ottobre 1995";
- D.M. del 1 settembre 1998 e s.m.i. "Disposizioni relative alla classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose (fibre artificiali vetrose)";
- D.P.R. del 6 giugno 2001, n. 380 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia".
- D.M. del 14 gennaio 2008, "Norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare del 2 febbraio 2009 n. 617, "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni".

14.2.3 NORMATIVA FERROVIARIA

- Disciplinare Tecnico per Barriere Antirumore per Impieghi Ferroviari (edizione dicembre 1998 e successive modifiche e integrazioni);
- Istruzione n. 44/S del 20/10/1999 della Divisione Infrastruttura - Dir. Tecnica - Servizio Armamento e opere d'Arte - Ponti Ferrovie dello Stato – "Specifica tecnica per la saldatura ad arco delle strutture destinate ai ponti ferroviari";
- Istruzione 44 M del 10/04/2000 – "Specifica tecnica relativa al collaudo dei materiali ed alla costruzione delle travate metalliche e miste acciaio – calcestruzzo per ponti ferroviari e cavalcaferrovia";
- Istruzione 44 V del 03/2001 – "Cicli di verniciatura per la protezione dalla corrosione di opere metalliche nuove e per la manutenzione di quelle esistenti";
- Manuale di progettazione di RFI ed. 2003 e s.m.i;
- Prescrizioni tecniche integrative e provvisorie per la progettazione delle barriere antirumore, emanate con nota RFI/DIN/IC/009/239 del 24/3/2004;
- Caratteristiche acustiche - Prove di perdita per inserzione della barriera in opera (accettabilità definitiva), RFI-DIN-ICI/A0011/P/2005/0001184 del 19/12/2005 "Caratteristiche acustiche - Prove di perdita per inserzione della barriera in opera (accettabilità definitiva)";
- Procedura per l'omologazione della barriere antirumore per impieghi ferroviari, emanata con nota RFI-DIN/A0011/P/2008/0000721 del 8/4/2008;
- Barriere antirumore standard per impieghi ferroviari tipo HS, emanate con nota RFI\DTC\INC\A0011\P\2010\0000600 del 6/10/2010;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario, emanata con nota RFI DTC INC PO SP IFS 001 A del 2011;
- Linea guida per il collaudo statico delle opere di ingegneria civile dell'infrastruttura ferroviaria, emanata con nota RFI DTC SICS PO LG IFS 001 A del 27/12/2013;
- COP n. 316/RFI del 29 lug. 2014 - Procedura Operativa " La Direzione dei Lavori negli appalti gestiti da RFI" - RFI DPR PD IFS 005 D.

14.2.4 DOCUMENTAZIONE TECNICA

- ISO 9001:2008, Sistemi di gestione per la qualità;
- ISO 14001:2004, Sistemi di Gestione Ambientale;
- UNI 5588, Dadi esagonali
- UNI 6065:2001, Elastomeri - Prove su gomma vulcanizzata e termoplastica - Prova di trazione;
- UNI 6484:1969, Prodotti di fibre di vetro per isolamento termico ed acustico. Determinazione del diametro medio delle fibre mediante microscopio;
- UNI 6485:1969, Prodotti di fibre di vetro per isolamento termico ed acustico. Feltri resinati e pannelli. Determinazione della densità apparente;
- UNI 6543:1969, Prodotti di fibre di vetro per isolamento termico ed acustico. Feltri resinati, pannelli e coppelle. Determinazione dell' igroscopicità;
- UNI 6823:1998, Prodotti di fibre minerali per isolamento termico ed acustico - Determinazione del contenuto di perle di fusione - Metodo della levigazione;
- UNI 11104:2004 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1.

14.3 DEFINIZIONI

Ai fini del presente Capitolato si adottano le seguenti definizioni:

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale);

FERROVIE: RFI S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (Direzione lavori, Alta sorveglianza);

Barriera antirumore: manufatto in grado di ostacolare la propagazione dell'energia sonora dalla sorgente di rumore al ricettore;

Barriera antirumore artificiale: barriera antirumore costituita da elementi modulari o monolitici di materiale non naturale (scatolato metallico con inserto di materiale fonoassorbente, calcestruzzo, vetro, ecc.).

Barriera antirumore composita: barriera costituita da una combinazione di elementi modulari o monolitici con caratteristiche diverse sia per quanto riguarda i materiali (calcestruzzo, metallo, vetro, ecc.) sia per quanto riguarda la forma o i colori e vengono utilizzate per soddisfare particolari esigenze formali (inserimento ambientale, interruzione della monotonia dovuta ad eccessiva lunghezza della barriera, ecc.).

Barriera antirumore naturale: barriera che richiede un riempimento in terreno vegetale piantumato con essenze, sostenuto da una struttura portante, che trasmette al terreno le sollecitazioni cui è sottoposta mediante opportune fondazioni. Questo tipo di barriere necessita anche di un impianto d'irrigazione.

Duna antirumore: barriera antirumore costituita da terrapieno ricoperto di essenze vegetali;

Muro vegetale: barriera antirumore costituita da una struttura portante in cls, legno, materiali metallici, ecc. atta a contenere essenze vegetali;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Area equivalente di assorbimento acustico (di una camera riverberante) : area di una superficie ideale totalmente assorbente che, se fosse l'unico elemento assorbente nella camera, fornirebbe lo stesso tempo di riverbero della camera in esame;

Coefficiente di assorbimento acustico αs - di un pannello: rapporto tra la variazione dell'area equivalente di assorbimento acustico determinata dall'introduzione del pannello in prova nella camera riverberante e l'area del pannello stesso;

Indice d'isolamento acustico – R_w (di un pannello): valore determinato sulla curva di riferimento di cui alla norma ISO 717/1-2013, in corrispondenza della frequenza di 500 Hz, secondo la metodologia indicata nella norma stessa;

Indice di riduzione del rumore (di un pannello): dieci volte il logaritmo del rapporto tra la potenza acustica incidente sul campione e la potenza acustica trasmessa attraverso esso;

Livello di esposizione ad un singolo evento - L_E (transito di un treno): livello continuo equivalente di pressione sonora relativo al tempo di transito del treno e normalizzato all'intervallo temporale T= 1 s;

Perdita per inserzione (Insertion Loss): attenuazione del livello di pressione sonora determinata, in un dato punto di ricezione, dall'introduzione di una barriera antirumore;

Piano del ferro: quota altimetrica definita dalla superficie di rotolamento della rotaia più bassa**;**

Prova: forma di verifica a cui è soggetta una parte d'opera per determinare la sua capacità a soddisfare prescrizioni e/o prestazioni specificate;

Rumore residuo (rispetto ad una sorgente specifica): livello di pressione sonora determinato, in un dato punto di ricezione, da tutte le sorgenti di rumore presenti con l'esclusione della sola sorgente specifica;

Tempo di transito di un treno: intervallo temporale in cui il livello di pressione sonora indotto dal transito del treno supera il livello massimo diminuito di 10 dB(A).

14.4 ABBREVIAZIONI

p.m.:

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

14.5 GENERALITA'

Le barriere antirumore da installare su linee ferroviarie, così come risultanti da progetti debitamente approvati ai sensi della normativa vigente, devono, prima della fornitura, essere oggetto di un processo di omologazione secondo quanto indicato con nota RFI-DIN\A0011\P\2008\000721 del 08/04/2008.

A valle del processo di omologazione, in fase di realizzazione della barriera, la Direzioni Lavori, o l'Alta Sorveglianza nel caso di lavori affidati a General Contractor/Contraente Generale, deve effettuare i dovuti controlli sulla conformità delle forniture ai sensi delle Condizioni Generali di Contratto.

I sistemi antirumore per impieghi ferroviari e i loro componenti devono rispondere ai requisiti acustici e non acustici riportate nella presente sezione di Capitolato e mantenere le prestazioni per tutta la durata della vita nominale.

Pertanto, le barriere, i componenti che le costituiscono e i relativi materiali, per poter essere impiegati in campo ferroviario, devono soddisfare le prescrizioni tecniche indicate dalla normativa vigente, dalle specifiche ferroviarie dagli elaborati di progetto e dal presente Capitolato Generale.

Al fine di verificare la rispondenza delle opere eseguite alle norme, alle specifiche e agli standard prefissati, l'ESECUTORE deve eseguire o far eseguire a proprie spese tutte le prove e i controlli previsti dalla normativa vigente, quelli prescritti dal presente Capitolato nonché quelli integrativi richiesti dalle FERROVIE, in base a motivate esigenze, ovvero dal Collaudatore statico e/o dalla Commissione di Collaudo.

I materiali, i componenti e le barriere nel complesso devono essere sottoposti alle prove descritte nei paragrafi successivi. Le prove saranno effettuate da un laboratorio presso cui le prove stesse risultano accreditate (da ACCREDIA - l'Ente Italiano di Accreditamento - o da equivalente organismo di accreditamento europeo) o da un laboratorio specializzato preventivamente autorizzato dalle FERROVIE.

Per le opere e gli elementi in cemento armato, i controlli di accettazione dei materiali ed eventualmente, a discrezione delle FERROVIE, le prove complementari di cui al DM 14/1/2008, devono essere effettuate facendo riferimento, oltre che alla normativa vigente, alla sezione 6 "Opere in conglomerato cementizio" del presente Capitolato", per quanto applicabile.

Tutti gli oneri, diretti ed indiretti, derivanti dall'applicazione delle presenti prescrizioni, compresi quelli necessari per il prelievo, il confezionamento, il trasporto dei campioni dei materiali da sottoporre a prove fisiche, chimiche, meccaniche e, funzionali, nonché i costi di esecuzione di queste ultime presso il Laboratori Ufficiali/Autorizzati si intendono compresi e compensati dai prezzi contrattuali.

Per tutti i tipi di prova, l'ESECUTORE deve fornire la manodopera e le attrezzature, deve predisporre le eventuali opere provvisionali ed i ponteggi in quantità e tipologie adeguate all'esecuzione delle prove medesime, nel rispetto delle garanzie di sicurezza durante le fasi operative. Resta inteso che il ripristino integrale delle parti d'opera interessate da prove e prelievi è da intendersi a carico dell'ESECUTORE e deve essere eseguito con materiali e modalità approvati dalle FERROVIE.

L'utilizzo di innovazioni tecnologiche, migliorative, che potranno intervenire nel corso di validità del presente Capitolato, relativamente ad attrezzature, modalità di esecuzione, prove in sito e/o in laboratorio, deve essere approvato dalle FERROVIE.

Nelle prescrizioni facenti parte del presente Capitolato, per brevità ed uniformità, è solitamente indicato, con il termine generico di "FERROVIE", RFI S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (Direzione lavori, Alta sorveglianza). Il termine generico di "ESECUTORE è usato per indicare il soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale).

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Il presente documento fornisce indicazioni relative alla fase di realizzazione dalle barriere antirumore ed è strutturato nei seguenti capitoli:

- **elementi costituenti le barriere antirumore artificiali.**
- **caratteristiche delle barriere antirumore artificiali;**
- **prove;**
- **procedura per l'omologazione delle barriere antirumore;**
- **accettazione della fornitura in cantiere;**
- **collaudo;**
- **tipologie di Barriera antirumore per impieghi ferroviari: Standard HS.**

14.6 ELEMENTI COSTITUENTI LE BARRIERE ANTIRUMORE ARTIFICIALI

14.6.1 PREMESSA

Il presente capitolo riporta le tipologie di elementi (montanti, pannelli etc.) e i relativi materiali che devono essere utilizzati per la costruzione delle barriere antirumore ferroviarie; per ognuno di essi indica inoltre le caratteristiche significative ai fini della durabilità e della resistenza ed i relativi valori limite, riferiti a metodi di prova normalizzati.

14.6.2 PANNELLI

14.6.2.1 Pannelli in acciaio inox

I pannelli saranno realizzati con una struttura scatolare in lamiera di acciaio inossidabile (INOX) del tipo X5CrNi18 10 (AISI 304) secondo le UNI EN 10088, verniciato, con spessore della lamiera non minore di 12/10 di mm, e contenente all'interno materiale fonoassorbente, tale da realizzare le richieste caratteristiche di fonoassorbimento, secondo la classificazione prevista al paragrafo 14.7.1**.**

La lamiera forata rivolta verso la sorgente di rumore, qualora presenti aperture circolari, deve avere per singolo foro un'area inferiore a 78 mm^2 (raggio = 5 mm circa). Se le aperture sono di forma rettangolare, il lato minore deve essere compreso tra 6 e 10 mm e il lato maggiore deve essere non superiore a 150 mm. In ogni caso la superficie forata deve avere un rapporto vuoto/pieno non superiore al 50%. Il disegno del forato deve essere, comunque, preventivamente approvato dalle FERROVIE.

Il materiale fonoassorbente, inserito all'interno della struttura scatolare metallica, è generalmente costituito da uno strato di lana minerale conformato in modo tale da assorbire sia per porosità che per risonanza.

Esso deve avere uno spessore di almeno 6 cm, deve essere stampato a densità > 85 kg/m^3, se trattasi di lana di roccia, oppure > 48 kg/m^3, se trattasi di lana di vetro. Deve essere imputrescibile, inerte agli agenti chimici ed atmosferici, non infiammabile o autoestinguente. In ogni caso, non deve contenere fibre di diametro inferiore a 3 μm né queste devono prodursi per effetto d'invecchiamento e/o di manipolazioni.

Per la lana minerale deve essere esclusa la classificazione di sostanza pericolosa in relazione a quanto previsto dalla Direttiva 97/69/CE del 5/12/97 - recepita come legge dello Stato con D.M. della Sanità del 1/09/1998 - recante il "ventitreesimo adeguamento al progresso tecnico della Direttiva 67/548/CEE". In particolare, le fibre devono essere del tipo classificato "non cancerogene" in base alla nota Q della Direttiva 97/69/CE. Il rispetto della nota Q deve essere comprovato dal relativo attestato; inoltre deve essere prevista la totale assenza di materiale non fibrato in conformità alla norma UNI 6823.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Il materiale fonoassorbente deve soddisfare i requisiti riportati nelle tabelle 14.6.2.1-1 e 14.6.2.1-2 nelle quali sono riportate le prove previste, le norme di riferimento e i criteri di accettazione.

In particolare, per quanto riguarda le proprietà di resistenza all'acqua e al calore e l'ancoraggio del materiale fonoassorbente alla struttura del pannello, non esistono metodi di prova normalizzati. Pertanto, nella tabella 14.6.2.1-2 sono riportate le metodologie di prova da adottare per la valutazione di tali proprietà ed i relativi criteri di accettazione.

Prove per accertare l'idoneità della lana minerale:

- diametro medio delle fibre secondo UNI 6484-69;
- massa volumica apparente secondo UNI 6485-69;
- grado di igroscopicità secondo UNI 6543-69 (tempo di prova 1 giorno);
- grado di reazione al fuoco;
- resistenza all'acqua ;
- resistenza al calore;
- ancoraggio della lana minerale.

Tabella 14.6.2.1-1: Caratteristiche della lana minerale

PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Diamentro medio delle fibre	UNI 6484	6 - 9 µm
Massa volumica apparente a) Lana di roccia b) Lana di vetro	UNI 6485	 > 85 Kg/m3 > 48 Kg/m3
Grado di igroscopicità	UNI 6543	< 0,2 % in volume
Classe di reazione al fuoco	UNI EN 13501-1	Contributo al fuoco: A1 e A2 (non combustibili) Densità dei fumi: s1 (assenza di fumi) Gocce incandescenti: d0 (assenza di gocce entro 600 sec)

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Tabella 14.6.2.1-2: Resistenza all'acqua e al calore e Ancoraggio della lana minerale

PROVA	MODALITÀ	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Resistenza all'acqua	Si pone un provino del campione in esame di dimensioni 100 x 100 x S mm completamente immerso in acqua distillata per 24 h alla temperatura ambiente.	Al termine della prova si verifica che non siano avvenuti ne sfaldamenti ne colorazione rispettivamente del provino e dell'acqua
Resistenza al calore	Si pone un provino del campione in esame di dimensioni 100 x 100 x S mm in una stufa a 150 °C per 24 h poggiandolo su una delle due facce quadrate (100 x 100 mm).	Al termine della prova si verifica che, relativamente ai parametri lunghezza e larghezza, non siano avvenute variazioni delle dimensioni originarie del provino superiori a ± 5 mm. Resta ininfluente l'eventuale variazione che si verifica sullo spessore
Ancoraggio lana minerale	il pannello, disposto in posizione verticale, verrà sottoposto per 24 h a vibrazione, anch'essa verticale, a 10 Hz di ampiezza picco-picco 1 mm	Al termine della prova, il materiale fonoassorbente deve risultare privo di sfaldamenti ed ancora saldamente ancorato alla struttura

Tra il materiale fonoassorbente e la faccia anteriore e posteriore del pannello deve essere previsto, mediante distanziatori, un interstizio che faciliti al massimo lo scolo delle acque, permettendone per aerazione il rapido asciugamento in modo da non pregiudicare l'efficienza fonoassorbente del materiale stesso.

Per evitare l'impregnazione del materiale fonoassorbente e/o la ritenzione del liquido, che potrebbero degradare le caratteristiche meccaniche ed acustiche del materiale stesso, possono essere impiegati sistemi protetti da una membrana microporosa ed idrorepellente, posta sul lato dell'elemento acustico rivolto verso la sorgente del rumore.

Il materiale fonoassorbente deve essere assicurato in modo tale da evitarne spostamenti e piegature e deve essere protetto in modo che non possa impregnarsi d'acqua e non possa essere facilmente danneggiato.

Il rivestimento protettivo del pannello deve essere realizzato con prodotti vernicianti liquidi o a polveri; essi devono essere di tipo alifatico ed avere le caratteristiche richieste nella tabella 14.6.2.1-3.

Il Fornitore del pannello deve indicare il numero, lo spessore e la natura degli strati protettivi nonché allegare le schede tecniche relative al rivestimento protettivo e ai prodotti vernicianti impiegati.

Lo spessore minimo deve essere tale da garantire il rispetto di tutti i requisiti prestazionali richiesti in tab. 14.6.2.1-3 e sarà determinato in fase di omologazione del pannello.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Tabella 14.6.2.1-3: Requisiti del film di verniciatura

PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Aderenza a) Trazione b) Quadrettatura	 UNI EN ISO 4624 UNI EN ISO 2409	 ≥ 2 Mpa Grado 0 (nessun distacco)
Resistenza agli urti	UNI EN ISO 6272-1 UNI EN ISO 6272-2	- la pellicola non deve presentare screpolature o distacchi per caduta di una massa di 1 kg da un'altezza di 70-80 cm sul dritto - la pellicola non deve presentare screpolature o distacchi per caduta di una massa di 1 kg da un'altezza di 30 cm sul rovescio
Resistenza alle atmosfere umide contenenti anidride solforosa	UNI EN ISO 3231	Dopo 1500 ore di esposizione: assenza di blistering e/o di perdita di aderenza lungo l'incisione l'arrugginimento e la bollatura non devono penetrare per più di 2 mm
Resistenza alla corrosione da nebbia salina	UNI EN ISO 9227 UNI EN ISO 4628-2	Dopo 1500 ore di esposizione: l'arrugginimento e/o la bollatura lungo l'incisione non devono penetrare per più di 2 mm. Non è ammessa nessun'altra alterazione visibile o perdita di aderenza.
Piegatura su mandrino cilindrico	UNI EN ISO 1519	La pellicola piegata su mandrino di 4 mm non deve fessurarsi.
Differenze di colore	ISO 7724-3	Non dovranno aversi differenze di colore nel tempo.
Imbutitura statica	UNI EN ISO 1520	Assenza di screpolature e distacchi.
Resistenza ai raggi UV	UNI EN ISO 16474-1 UNI EN ISO 16474-3	Assenza di cracking e blistering
Spettro IR	ASTM E1252	/

Devono essere presi idonei accorgimenti al fine di ridurre l'ingresso di acqua meteorica nei pannelli e, comunque, di favorirne la fuoriuscita mediante pendenze e fori di drenaggio.

Il pannello in acciaio inox deve essere sottoposto alle prove di cui al paragrafo 14.8.

14.6.2.2 Pannelli in cemento armato

Sono costituiti da uno strato portante in cemento armato avente spessore minimo 10 cm e tale da realizzare le richieste caratteristiche acustiche previste al paragrafo 14.7.1.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Il calcestruzzo deve essere prodotto ed impiegato a regola d'arte, secondo quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008 e dalla Circolare n. 617 del 2/2/2009 – Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008.

In particolare, per ciò che concerne la durabilità, tenuto conto dell'ambiente di utilizzo, le caratteristiche del calcestruzzo e del pannello in c.a. (per esempio il copriferro) devono essere adeguate alla classe di esposizione corrispondente, nel rispetto di quanto indicato nelle norme di riferimento (D.M.. 14/01/2008, Circolare n.617 del 2/2/2009, UNI EN 206-1, UNI 11104). In particolare, per la classe di esposizione si deve considerare quella corrispondente alle condizioni ambientali più severe tra quelle che interessano lo sviluppo lineare dell'intero intervento (*es. da pk1 a pk2*), tenendo conto della destinazione d'uso del territorio "esistente"e di quella "prevista negli strumenti di pianificazione urbanistica".

Il calcestruzzo deve avere le caratteristiche minime riportate in Tabella 14.6.2.2-1.

Tabella 14.6.2.2-1: Caratteristiche del calcestruzzo strutturale

CARATTERISTICA	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Classe di resistenza Rck	C32/40
Rapporto a/c	≤ 0,5

Il mix design del calcestruzzo deve essere qualificato secondo quanto previsto nella sezione n. 6 "Opere in conglomerato cementizio" del presente Capitolato.

L'acciaio per l'armatura in barre, in fili o in rete elettrosaldata, deve essere del tipo B450C e di diametro minimo pari a 6 mm. Per le caratteristiche valgono le prescrizioni indicate dal D.M. 14/01/2008 e dalla Circolare n. 617 del 2/2/2009.

I pannelli in c.a. potranno essere colorati in fase di produzione mediante l'uso di ossidi miscelati direttamente nell'impasto secondo le indicazioni progettuali o della Direzione Lavori.

Il pannello in cemento armato deve essere sottoposto alle prove di cui al paragrafo 14.8.

14.6.2.3 Pannelli in vetro

Qualora particolari esigenze architettoniche o di inserimento ambientale lo impongano e in caso di specifiche e giustificate richieste nella fase di approvazione degli interventi di mitigazione i pannelli acustici metallici, posizionati oltre i 2 m sul piano del ferro, potranno essere sostituiti con pannelli trasparenti in vetro.

I pannelli trasparenti saranno in vetro temperato e stratificato, composti da due lastre di almeno 8 mm di spessore l'una, con interposto un film in polivinibutirrale (PVB) dello spessore di 1.52 mm (spessore totale minimo 17,52 mm). I pannelli saranno costituiti da un telaio portante in acciaio S275JR, zincato a caldo, avente spessore minimo 2,5 mm.

L'unione delle lastre di vetro con il telaio deve essere realizzato con l'applicazione di guarnizioni di gomma aventi le caratteristiche riportate al paragrafo 14.10.2.4.3.

Le caratteristiche del rivestimento di zinco devono essere conformi alla UNI EN ISO 1461. Il rivestimento di zinco deve essere del tipo Z450 ed avere uno spessore di almeno 65 µm (massa areica pari a 450 g/m^2). Il trattamento di zincatura deve essere effettuato per immersione a caldo, dopo tutte le lavorazioni meccaniche, compreso il taglio della lamiera.

Per la verniciatura del telaio si adotteranno i cicli omologati dalle FERROVIE per acciai zincati a caldo, secondo l'Istruzione FS 44V.

Al fine di assicurare nel tempo la pulizia e la trasmissione luminosa del manufatto, deve essere previsto

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

l'autopulimento dei pannelli trasparenti per dilavamento con acqua piovana senza interventi di pulizia esterni.

Devono essere adottate soluzioni atte a ridurre il rischio d'impatto degli uccelli sui pannelli (decalcomanie, marcature, impiego di lastre colorate etc.). Nel caso di utilizzo di decalcomanie, o di lacche o vernici per eventuali disegni, deve essere garantito che tali prodotti siano compatibili con il materiale dei pannelli.

Il pannello in vetro deve essere sottoposto alle prove di cui al paragrafo 14.8.

14.6.2.4 Pannelli realizzati con altri materiali o con soluzioni innovative

Ove vengano adottati pannelli realizzati con materiali diversi da quelli sopra indicati o integrati con sistemi innovativi di attenuazione del rumore, devono essere fornite tutte le caratteristiche necessarie per il controllo qualitativo dei materiali, e/o dei sistemi integrativi, ai fini strutturali, di durabilità, acustici e di corretto inserimento paesaggistico/ambientale nonché la casistica delle situazioni in cui sono stati applicati, corredata delle certificazioni degli Enti appaltanti.

Detti pannelli devono comunque essere sottoposti alla preventiva approvazione delle FERROVIE.

14.6.3 MONTANTI

14.6.3.1 Montanti metallici

I montanti devono essere realizzati in acciaio con caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle del tipo S275J2 per elementi saldati e di tipo S275J0 per elementi non saldati, secondo la norma UNI EN 10025. Tali elementi saranno zincati a caldo per immersione in accordo alla Norma UNI EN ISO 1461, per uno spessore non inferiore a 85 µm, previo ciclo di sabbiatura Sa 2-1/2 oppure trattamento di decapaggio chimico. I montanti, dopo la zincatura, devono subire un ulteriore trattamento della superficie che prevede l'utilizzo di un ciclo di verniciatura omologato dalle FERROVIE secondo l'Istruzione FS 44 V.

In merito alla scelta del ciclo omologato, si deve adottare per la barriera quello idoneo all'ambiente atmosferico più severo tra quelli che interessano lo sviluppo lineare dell'intero intervento (*es. da pk1 a pk2*), tenendo conto della destinazione d'uso del territorio "esistente"e di quella "prevista negli strumenti di pianificazione urbanistica".

Il collaudo dei materiali e le lavorazioni previste sui montanti devono essere effettuate nel rispetto della normativa vigente e dell'Istruzione FS 44 M.

Le saldature devono essere di prima classe ed eseguite e controllate nel rispetto dell'Istruzioni FS 44 S.

14.6.3.2 Montanti in materiali diversi

Ove vengano adottati montanti realizzati con materiali diversi dall'acciaio, devono essere fornite tutte le caratteristiche necessarie per il controllo qualitativo dei materiali nonché la casistica delle situazioni in cui sono stati applicati. Dette tipologie di montanti devono comunque essere sottoposti alla preventiva approvazione delle FERROVIE.

14.6.4 ACCESSORI

14.6.4.1 Accessori metallici

Tutti gli elementi metallici devono essere scelti avendo cura di evitare problemi di corrosione catodica dovuta al diverso valore del potenziale elettrochimico dei materiali a contatto.

Per quanto riguarda **i bulloni**, saranno unicamente del tipo ad alta resistenza ai sensi del DM 14.1.2008 e pertanto si avranno:

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- viti : secondo EN 14399-4
  classe 8.8 secondo UNI EN ISO 898-1 conformi per le caratteristiche dimensionali alla ex UNI 5712
- dadi: secondo EN 14399-4
  classe 8.8 secondo UNI EN ISO 898-2 conformi per le caratteristiche dimensionali alla ex UNI 5713
- rondelle (rosette): secondo EN 14399-6

Le viti e i dadi devono essere associati nel modo indicato nella tabella 11.3.XIIa delle NTC 2008 (UNI EN 898-2).

Il gioco foro-bullone delle unioni a taglio e la coppia di serraggio da applicare saranno conformi alle indicazioni della normativa vigente, delle specifiche ferroviarie e degli elaborati progettuali.

La bulloneria sarà zincata a caldo per immersione e centrifugata per evitare accumuli di materiale nelle parti filettate.

I bulloni devono essere sottoposti alle prove riportate in tabella 14.6.4.1-1.

Tabella 14.6.4.1-1: Prove sui bulloni

PROVA	NORMA DI	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Rottura con trazione a cuneo	UNI EN ISO 898-1 UNI EN ISO 898-2	≥ 800 Mpa (Classe 8.8 - d ≤ 16 mm)
		≥ 830 Mpa (Classe 8.8 - d > 16 mm)
		≥ 1040 Mpa (Classe 10.9)
Tenacità della testa per viti corte		Nessuna frattura
Durezza		250 ÷ 320 (Classe 8.8 - d ≤ 16 mm)
		255 ÷ 335 (Classe 8.8 - d > 16 mm)
		320 ÷ 380 (Classe 10.9)

I tirafondi devono essere realizzati con:

- barre in acciaio con filettatura metrica ISO a passo grosso, di caratteristiche meccaniche equivalenti o superiori a quelle del tipo S275J2 in conformità alla norma UNI EN 10025-1-2 e zincati a caldo;
- dadi con caratteristiche meccaniche equivalenti o superiori alla classe 8 secondo UNI EN ISO 898-2 conformi per le caratteristiche dimensionali alla UNI 5588;
- rosette in acciaio C50 (UNI EN 10083-1-2-3) temperato e rinvenuto HRC 32÷40 conformi per le caratteristiche dimensionali alla UNI EN ISO 7089.

I tirafondi devono essere sottoposti alle prove riportate in tabella 14.6.4.1-2.

Tabella 14.6.4.1-2: Prove sui tirafondi

PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Trazione	UNI EN 10083-1 UNI EN ISO 892-2 UNI EN ISO 6892-1	In funzione della classe del tirafondo e del dado
Durezza		In funzione della classe del tirafondo e del dado
Analisi chimica		In funzione della classe del tirafondo e del dado

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

I rivetti devono essere in acciaio inox AISI 304 e, sottoposti alla prova di corrosione secondo la UNI EN 3651-2, non devono evidenziare nessuna cricca.

14.6.4.2 Guarnizioni e Sigillanti

Il Fornitore deve specificare preventivamente le caratteristiche tecniche dei materiali utilizzati per le guarnizioni e i sigillanti, specie per quanto riguarda la qualità dell'elemento elastico e la sua resistenza all'invecchiamento.

Il profilo della guarnizione deve essere studiato in modo tale da evitare la fuoriuscita del pannello nella fase di maggiore sollecitazione ed ammortizzare le vibrazioni dello stesso.

Le guarnizioni devono essere conformi, per tipologia e caratteristiche, a quelle sottoposte a prova nell'ambito del procedimento di omologazione di cui al par. 14.9.

Le guarnizioni devono essere realizzate in EPDM e devono avere le caratteristiche minime elencate in Tab. 14.6.4.2-1.

Tabella 14.6.4.2-1: Caratteristiche delle guarnizioni

PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Carico a rottura	UNI 6065	≥ 10 Mpa
Allungamento a rottura	UNI 6065	≥ 300 %
Durezza	UNI ISO 7619-1	70 ± 5 Shore A3
Resistenza all'ozono	UNI ISO 1431-1	Nessuna cricca
Temperatura limite di fragilità	UNI ISO 812	≤ -25 °C
Resistenza alla lacerazione	ISO 34-1	≥ 12 KN/m

Dopo invecchiamento termico di 7 giorni alla temperatura di 70°C, secondo UNI ISO 188, non devono verificarsi variazioni delle caratteristiche superiori a quelle riportate in Tab. 14.6.4.2-2.

Tabella 14.6.4.2-2: Caratteristiche delle guarnizioni dopo invecchiamento di 7 giorni a 70°

PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Carico a rottura	UNI ISO 188	15%
Allungamento a rottura	UNI ISO 188	25%
Durezza	UNI ISO 188	-5/+10 Shore A3

Per i sigillanti si utilizzerà l'EPDM, così come per le guarnizioni o, in alternativa, altra soluzione tecnica approvata dalle FERROVIE, quale ad esempio un lamierino in acciaio o in alluminio, opportunamente sagomato, ancorato al cordolo di fondazione e posizionato, preferibilmente, sul lato esterno alla barriera ossia sul lato prospiciente i ricettori.

È consentito utilizzare per i compensatori di gola elementi in polipropilene che devono avere un carico di rottura minimo almeno di 15 MPa, determinato secondo la prova descritta nelle UNI EN ISO 527-1-2.

Le FERROVIE si riservano la facoltà di eseguire ogni ulteriore prova ritenuta necessaria per la verifica delle caratteristiche dei predetti materiali.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

14.6.5 PORTE DI SERVIZIO

Le porte di servizio, se richieste, devono essere apribili verso l'esterno rispetto alla sede ferroviaria; di norma, saranno realizzate mediante un telaio in acciaio, con relativi accessori, ed elementi tali da avere le caratteristiche acustiche di fonoisolamento di cui al par. 14.7.1.

Analogamente alla barriera e a i suoi componenti, le porte saranno sottoposte alle prove di cui al paragrafo 14.8 e saranno oggetto di omologazione secondo la procedura di cui al paragrafo 14.9 della presente sezione di Capitolato.

Non sono richiesti valori minimi dei coefficienti di assorbimento acustico, mentre deve essere garantito un indice di fonoisolamento minimo Rw di 24 dB, determinato secondo le norme UNI EN ISO 717/1, EN ISO 10140-3 e UNI EN 16272-2.

Le porte devono avere dispositivi di apertura azionabili dall'esterno con l'uso di chiavi. All'interno devono essere previsti dispositivi di apertura senza l'uso di chiavi con un maniglione di tipo "antipanico".

Per quanto riguarda i requisiti di resistenza al fuoco, le porte devono essere almeno di classe R60.

Ove ne sia previsto l'impiego, le caratteristiche tecniche di dette porte e la loro dislocazione lungo la barriera devono essere preventivamente approvate dalle FERROVIE, in fase di progettazione.

14.7 CARATTERISTICHE DELLE BARRIERE ANTIRUMORE

14.7.1 CARATTERISTICHE ACUSTICHE DEI PANNELLI

I pannelli utilizzati per la realizzazione di barriere acustiche sono suddivisi nelle seguenti classi:

Classe I: Pannelli fonoassorbenti
Classe II: Pannelli non fonoassorbenti

La Classe I comprende:

Classe Ia: Pannelli fonoassorbenti con elevate prestazioni;
Classe Ib: Pannelli fonoassorbenti con medie prestazioni.

I pannelli appartenenti alla Classe I sono caratterizzati dalla capacità di assorbire, in modo significativo, l'energia acustica incidente su di essi riducendo l'energia acustica riflessa.

La capacità di fonoassorbimento è valutata attraverso i coefficienti di assorbimento acustico αs, determinati secondo la metodologia di cui alle norme EN ISO 354 e UNI EN 16272-1, alle frequenze centrali di banda 1/3 d'ottava da 125 a 4000 Hz, con riferimento ai valori riportati al successivo paragrafo 14.7.1.1.
Per i pannelli appartenenti alla Classe II non vengono richieste particolari caratteristiche di fonoassorbimento.

Sia i pannelli della Classe I sia quelli della Classe II devono garantire, comunque, un'elevata capacità di fonoisolamento. Tale capacità è valutata in base all'indice di fonoisolamento R_w determinato attraverso gli indici di riduzione del rumore alle frequenze centrali di banda 1/3 d'ottava da 100 a 5000 Hz, secondo le norme UNI EN ISO 717/1, EN ISO 10140-3 e UNI EN 16272-2, con riferimento ai valori di cui ai paragrafi 14.7.1.1 e 14.7.1.2.

14.7.1.1 Pannelli fonoassorbenti

Per i pannelli fonoassorbenti, in genere costituti da una struttura scatolare contenente all'interno un materiale fonoassorbente, i valori minimi prescritti dei coefficienti di assorbimento acustico α_s e dell'indice di fonoisolamento R_w sono i seguenti:

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Classe Ia: Pannelli fonoassorbenti con elevate prestazioni

a) Coefficienti di assorbimento acustico:

f (Hz)	α_s
125	**0.30**
160	0.45
200	0.60
250	**0.60**
315	0.70
400	0.75
500	**0.80**
630	0.80
800	0.85
1000	**0.85**
1250	0.85
1600	0.85
2000	**0.85**
2500	0.80
3150	0.75
4000	**0.70**

Durante la prova il campione deve essere posizionato a contatto con una superficie della camera riverberante sigillando adeguatamente la linea perimetrale di contatto.

Nel caso di pannelli biassorbenti le misurazioni sono effettuate separatamente per ciascuna faccia.

b) Indice di isolamento acustico R_w:

$R_w = 30$ dB

Nel caso di pannelli biassorbenti, se costituiti da una struttura scatolare contenente all'interno un materiale fonoassorbente, il valore minimo prescritto è $R_w = 24$ dB.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Classe Ib: Pannelli fonoassorbenti con medie prestazioni

a) Coefficienti di assorbimento acustico

f (Hz)	α_s
125	**0.10**
160	0.15
200	0.25
250	**0.35**
315	0.40
400	0.45
500	**0.50**
630	0.55
800	0.60
1000	**0.65**
1250	0.65
1600	0.65
2000	**0.65**
2500	0.60
3150	0.50
4000	**0.45**

Durante la prova il campione deve essere posizionato a contatto con una superficie della camera riverberante sigillando adeguatamente la linea perimetrale di contatto.

Nel caso di pannelli biassorbenti le misurazioni sono effettuate separatamente per ciascuna faccia.

b) Indice di isolamento acustico R_w:

$R_w = 30$ dB

Nel caso di pannelli biassorbenti, se costituiti da una struttura scatolare contenente all'interno un materiale fonoassorbente, il valore minimo prescritto è $R_w = 24$ dB.

14.7.1.2 Pannelli non fonoassorbenti

Per i pannelli non fonoassorbenti, in genere costituiti da materiali quali calcestruzzo, vetro, ecc., non sono prescritti valori minimi dei coefficienti di assorbimento acustico. Il valore minimo dell'indice di isolamento acustico deve essere, comunque, non inferiore a 30 dB.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

14.7.2 CARATTERISTICHE ACUSTICHE DELLA BARRIERA

Al fine della valutazione di accettabilità provvisoria e definitiva della barriera dal punto di vista del comportamento acustico, devono essere eseguite, rispettivamente, prove di perdita per inserzione (*Insertion Loss*) in "campo libero", secondo la metodologia riportata nel successivo paragrafo 14.8.3, e di perdita per inserzione "in opera", secondo la metodologia indicata nel paragrafo 14.12.2.1.

14.7.3 CARATTERISTICHE NON ACUSTICHE DELLA BARRIERA

14.7.3.1 Premessa

Nel rispetto delle indicazioni contenute negli elaborati di progetto, nella normativa nazionale ed europea applicabile e nelle specifiche tecniche ferroviarie, le barriere antirumore per impieghi ferroviari devono soddisfare:

- **verifiche di resistenza (statica, dinamica, a fatica);**
- **verifiche di deformabilità;**
- **verifiche di resistenza al fuoco;**
- **verifica di resistenza all'impatto del pietrisco.**

In particolare, per la pannellatura dei sistemi antirumore i documenti di riferimento per la specificazione di valori accettabili delle caratteristiche non acustiche sono le norme UNI EN 1794-1 e UNI EN 1794-2, le specifiche tecniche ferroviarie e la presente sezione di capitolato (rif. paragrafo 14.8).

14.7.3.2 Caratteristiche costruttive delle barriere

14.7.3.2.1 Geometria delle barriere

La geometria della barriera sarà quella indicata negli elaborati grafici di progetto, approvati dalle FERROVIE. Le barriere devono essere poste ad opportuna distanza dalla più vicina rotaia in modo da consentire un agevole uso delle infrastrutture ferroviarie e da ottimizzare l'abbattimento di energia sonora.

14.7.3.2.2 Sentiero pedonale e Vie di accesso

Le barriere devono essere posizionate esternamente al sentiero pedonale in modo da assicurarne il libero accesso dal binario. La distanza dell'asse del sentiero pedonale dal bordo interno della più vicina rotaia è prescritta dal Regolamento di attuazione della Legge 26/04/1974 n. 191 (articolo 6 del DPR 469/79).

Eventuali deroghe a tale disposizione devono essere sottoposte all'approvazione delle FERROVIE.

In ogni caso, la distanza tra il limite della barriera lato binario e l'asse del binario più vicino non può essere inferiore a 2.57 metri.

Nel caso in cui si rendano necessarie interruzioni di barriera, ogni interruzione deve essere protetta da uno schermo opportunamente arretrato e di lunghezza almeno pari all'interruzione più due volte la distanza fra la barriera principale e la barriera arretrata.

Tali interruzioni, da adottare solo se strettamente necessarie, devono essere comunque preventivamente approvate dalle FERROVIE.

Laddove previsto in progetto, ogni 250 m di barriera antirumore deve essere realizzata una via d'accesso all'infrastruttura dimensionata secondo i vigenti standard di sicurezza. Nel caso di barriere su entrambi i lati dell'infrastruttura, le vie di accesso si disporranno affacciate. Il posizionamento delle vie di accesso deve tenere

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

conto della preesistenza di scale e della necessità di un agevole accesso ad istallazioni che dovessero rimanere all'esterno della barriera.

Le scale previste in corrispondenza delle porte devono essere realizzate in conformità alle norme di sicurezza vigenti.

14.7.3.2.3 Sistemazione del corpo stradale

Di regola, dove possibile, all'esterno della barriera sarà realizzato uno stradello di servizio con lo scopo di consentire l'ispezionabilità e la manutenzione dall'esterno delle barriere stesse.

In alcuni casi, come a volte nei tratti di sede in rilevato, può rendersi necessario allargare il corpo stradale tramite un rinterro delle scarpate. Ove necessario tale rinterro sarà sostenuto con gabbionate posizionate al piede dello stesso rilevato o con altra soluzione che sarà preliminarmente approvata dalle FERROVIE.

La realizzazione degli interventi di mitigazione deve prevedere, secondo le indicazioni contenute in progetto, la sistemazione delle scarpate del corpo stradale interessate dai lavori di realizzazione delle barriere stesse con idoneo inerbimento che impedisca la rigenerazione della vegetazione spontanea senza necessità di sfalcio o di irrigazione.

14.7.3.2.4 Particolarità costruttive delle barriere

I materiali costituenti le barriere devono essere forniti nei colori che saranno indicati dalle FERROVIE.

Fra montanti e pannelli e tra pannello e pannello devono essere previste guarnizioni acusticamente ermetiche, descritte negli elaborati di progetto, mentre tra pannelli e fondazioni in c.a. devono essere previsti elementi sigillanti.

Tutta la barriera deve essere costruita in modo da consentire il rapido e regolare deflusso delle acque e da evitare in ogni punto il ristagno dell'acqua. In particolare, per i pannelli compositi l'acqua deve fuoriuscire facilmente dai singoli pannelli (fori sul fondo) e non ristagnare sia tra pannello e pannello sia tra il pannello inferiore della parete e la superficie di appoggio.

Devono essere adottate soluzioni costruttive tali che gli elementi della barriera (montanti, pannelli, base prefabbricata in c.a., etc.) possano essere rimossi senza che occorra la demolizione della relativa fondazione. I getti di bloccaggio devono essere effettuati con idonee malte cementizie di tipo reoplastico.

Devono essere previsti dei dispositivi atti a impedire o a rendere difficoltosa con opportuni accorgimenti l'asportazione dei pannelli.

L'eventuale inghisaggio dei tirafondi deve essere realizzato con malte reoplastiche a ritiro compensato o in alternativa, con resine epossidiche, se preventivamente qualificate ed accettate dalle FERROVIE per le specifiche condizioni di applicazione previste in progetto.

Bulloni e tirafondi devono essere montati con una rosetta sotto il dado. Inoltre, devono essere montati con dado e controdado, come dispositivo antisvitamento. Qualora il controdado non fosse compatibile con la geometria e gli ingombri del collegamento, si devono prevedere dadi ribassati o idonei dispositivi di antisvitamento, preventivamente approvati dalle FERROVIE.

14.7.3.2.5 Barriere sui ponti

Nel caso di insonorizzazione di ponti metallici la struttura portante dei pannelli deve essere preferibilmente distinta da quella della travata stessa e, intorno ad esse e ai relativi apparecchi d'appoggio, deve essere lasciato uno spazio sufficiente a consentire l'effettuazione delle ispezioni e degli interventi di manutenzione. Si deve inoltre tenere conto delle deformazioni dei ponti metallici sia per effetto dei sovraccarichi ferroviari che delle

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

dilatazioni termiche.

Nella zona di giunto dei ponti deve essere prevista una doppia parete su due lati degli elementi affiancati ravvicinati il più possibile, ma sempre in modo da permettere le libere dilatazioni dell'opera d'arte.

Le due pareti devono avere una sovrapposizione pari all'escursione massima del giunto maggiorata di almeno 50 cm e devono essere vincolate alle strutture in modo che non sia impedito il movimento di dilatazione del ponte.

Per dilatazioni inferiori a 5 cm si disporrà un giunto in neoprene tra i due montanti della barriera.

In alternativa a quanto proposto, nella zona di giunto dei ponti potrà essere adottata una differente soluzione tecnica da sottoporre preventivamente al benestare delle FERROVIE.

14.7.3.2.6 Tolleranze di costruzione e montaggio

Le tolleranze di costruzione e di montaggio saranno quelle indicate negli elaborati di progetto; devono essere tali da garantire comunque una battuta minima dei pannelli, su entrambi i montanti, pari a 50 mm. A tale scopo potranno essere adottati dei dispositivi di centraggio.

Nella fase di montaggio della barriera devono essere curati con particolare attenzione l'allineamento e la verticalità dei montanti.

Per ottenere la massima precisione di montaggio degli elementi, il posizionamento dei tirafondi nel cordolo di base sarà eseguito tramite dime.

14.7.3.2.7 Protezione elettrica

Il sistema di messa a terra delle barriere antirumore va realizzato secondo le indicazioni di progetto e deve rispondere alle prescrizioni della norma EN 50122-1, della normativa nazionale di settore e delle specifiche tecniche ferroviarie.

Va applicato a qualsiasi tipologia di barriera antirumore, con le opportune modifiche ed integrazioni, in funzione delle diverse tipologie di alimentazione elettrica (linee tradizionali a 3 kV, linee AV/AC a 25 kV).

La messa a terra della barriera antirumore verrà realizzata collegando longitudinalmente tutte le parti metalliche (pannelli e montanti) che la compongono con cavetti conduttori di continuità ovvero con tondini o piattine di acciaio zincato di opportuno diametro/dimensione, da connettere poi con la messa a terra dei pali della TE, laddove previsto in progetto.

Se la barriera viene posta in opera su un viadotto in c.a. la continuità metallica sia della barriera che del cavo in rame deve essere interrotta in corrispondenza dei giunti di dilatazione delle travate del viadotto ed il cavo deve essere collegato elettricamente all'armatura metallica del cemento armato in un solo punto per ogni travata.

I montanti di barriera, che prevedono l'attacco della trazione elettrica, devono essere collegati al dispersore lineare di terra.

Per ostacolare il passaggio delle correnti vaganti nel cordolo di fondazione, i montanti metallici ad esso collegato devono essere isolati elettricamente dalle sottostrutture in c.a. adottando nella zona di inghisaggio un opportuno mezzo isolante.

14.7.3.2.8 Protezione ambientale

Ai fini della protezione dell'uomo e dell'ambiente, per tutti i materiali utilizzati per la realizzazione di barriere antirumore, si applicano le prescrizioni previste dalla EN 1794-2:2011, allegato C.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumeriato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Per i prodotti pericolosi utilizzati in fase di installazione, manutenzione o altra lavorazione devono essere fornite anche le schede dei dati di sicurezza redatte secondo allegato II del regolamento (CE) n. 1907/2006 (REACH).

In ogni caso non è ammesso l'uso di materiali per la cui produzione occorrano le sostanze elencate nel nell'allegato XVII del suddetto regolamento (Restrizioni in materia di fabbricazione, immissione sul mercato e uso di talune sostanze, miscele e articoli pericolosi).
In pratica, il Fornitore del sistema antirumore per impieghi ferroviari deve dichiarare chiaramente e compiutamente.

- elenco dei materiali che costituiscono il sistema antirumore, utilizzando la nomenclatura chimica ed evitando nomi commerciali;
- elenco delle sostanze che risultano dalla decomposizione a seguito di esposizione naturale durante l'intera vita di riferimento del sistema antirumore;
- elenco delle sostanze che risultano dalla esposizione al fuoco del sistema antirumore;
- elenco delle condizioni fisiche o chimiche che potrebbero determinare il rilascio nell'ambiente di sostanze potenzialmente nocive o tossiche per l'uomo e per l'ambiente;
- elenco dei materiali costituenti che possono venire riciclati, indicando in quale misura sono presenti ed eventuali limitazioni d'uso;
- elenco dei materiali costituenti riciclati ed la relativa misura percentuale;
- elenco dei materiali costituenti che devono essere smaltiti secondo particolari procedure, da indicare in dettaglio;
- elenco di eventuali benefici legati al riutilizzo dei materiali costituenti, indicando tutte le limitazioni esistenti alle condizioni di trasformazione.

Per tale dichiarazione, il Fornitore del sistema antirumore per infrastrutture di trasporto può avvalersi anche di attestazioni rilasciate dai produttori dei singoli materiali componenti.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

14.8 PROVE

14.8.1 PROVA DI FONOASSORBIMENTO

La capacità di fonoassorbimento è valutata attraverso i coefficienti di assorbimento acustico α_s, determinati secondo la metodologia di cui alle norme EN ISO 354 e UNI EN 16272-1, alle frequenze centrali di banda 1/3 d'ottava da 125 a 4000 Hz, con riferimento ai valori riportati al successivo paragrafo 14.7.1.1. della presente sezione di Capitolato.

14.8.2 PROVA DI FONOISOLAMENTO

La capacità di fonoisolamento è valutata in base all'indice di fonoisolamento R_w determinato attraverso gli indici di riduzione del rumore alle frequenze centrali di banda 1/3 d'ottava da 100 a 5000 Hz, secondo le norme UNI EN ISO 717/1, EN ISO 10140-3 e UNI EN 16272-2, con riferimento ai valori di cui ai paragrafi 14.7.1.1 e 14.7.1.2 della presente sezione di Capitolato.

14.8.3 PROVA DI PERDITA PER INSERZIONE (INSERTION LOSS) IN CAMPO LIBERO (ACCETTABILITA' PROVVISORIA)

La prova va eseguita in un prato piano con erba o vegetazione di altezza non superiore a 5 cm, privo di ostacoli acustici nel raggio di almeno 50 m dalla barriera.

La barriera, realizzata con i pannelli inseriti negli appositi montanti, deve avere un'altezza di 3,00 m ed una lunghezza di 18,00 m.

I pannelli della fila inferiore andranno posati su un letto di sabbia o sul terreno vegetale livellato al fine di assicurare la necessaria ermeticità acustica nella zona di appoggio.

Le misure vanno eseguite in corrispondenza del montante centrale utilizzando una sorgente campione di rumore bianco e rosa e un ricevitore posti nelle posizioni indicate in Fig. 14.8.3-1.

Le misure devono essere condotte in bande d'ottava nel campo 125-4000 Hz usando la caratteristica dinamica Fast. E' inoltre richiesta la misura globale utilizzando il filtro di ponderazione A sempre con la caratteristica dinamica Fast. Prova di perdita per inserzione (Insertion Loss) in campo libero (accettabilità provvisoria

La perdita per inserzione in campo libero viene calcolata, per ognuna delle bande d'ottava e per il valore globale ponderato A, con la formula:

$$\Delta L = Lp_o - Lp$$

dove:

Lp_o = livello di pressione sonora nella posizione di misura in assenza di barriera;

Lp = livello di pressione sonora nella posizione di misura in presenza di barriera.

La perdita per inserzione della barriera in corrispondenza dei punti di misura deve essere di almeno: 22 dB(A) a 3 m, 18 dB(A) a 10 m e di 16 dB(A) a 25 m, sia per il rumore bianco sia per il rumore rosa.

Ai fini della misura le letture risulteranno valide solo se superiori di almeno 10 dB(A) al valore del rumore residuo. Inoltre, durante le misurazioni, deve essere garantita l'assenza di altre fonti di rumore significative che potrebbero incidere sul rumore residuo stesso.

La velocità del vento, nella zona di prova, deve essere inferiore a 5 m/sec. Inoltre, nelle due condizioni di misurazione, in presenza ed in assenza di barriera, la differenza delle velocità secondo la direzione sorgente-ricevitore, non deve essere maggiore di 2 m/sec.

Nel caso in cui la sorgente sonora sia costituita da più altoparlanti, essi devono avere il loro asse alla stessa

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

altezza e il diametro dell'altoparlante maggiore non deve essere superiore a 0,15 m. La sorgente deve essere il più possibile omnidirezionale o avere almeno una simmetria rotazionale intorno al proprio asse orizzontale. Le caratteristiche di direzionalità verticale e orizzontale degli altoparlanti devono essere misurate in loco e riportate nel verbale di misura.

Per la determinazione delle caratteristiche di direzionalità, la sorgente sonora è posta nella sua posizione normale ed il microfono, nella posizione di riferimento (0°), sull'asse orizzontale dell'altoparlante, ad 1 m dalla base maggiore del cono dell'altoparlante stesso. Successivamente vengono effettuate misurazioni nei due piani orizzontale e verticale a 0°, ±20° e ±40° ed i risultati devono rispettare quanto indicato nella seguente tabella 14.8.3-1:

Tabella 14.8.3-1: Caratteristiche di direzionalità degli altoparlanti

Banda d'ottava f centrale (Hz)	ΔL ammissibili (dB)		
	0°	±20°	±40°
125-250	riferimento	+0.5 -1	+0.5 -2
500-1000	Riferimento	+0.5 -3	+0.5 -4
2000-4000	Riferimento	+0.5 -4	+0.5 -5

Tutta la strumentazione deve rispondere alle caratteristiche previste dalla norma IEC 651 (classe I), ovvero CEI 29-1, per i misuratori di livello sonoro o dalla IEC 831 se vengono utilizzati fonometri integratori. I filtri di banda d'ottava devono essere in accordo con la IEC 225. Il microfono di misura deve avere il diametro non maggiore di 1/2 pollice.

Il valore dell'attenuazione sonora deve essere presentato in forma tabellare e grafica, rappresentando l'andamento del livello sonoro in funzione della frequenza.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

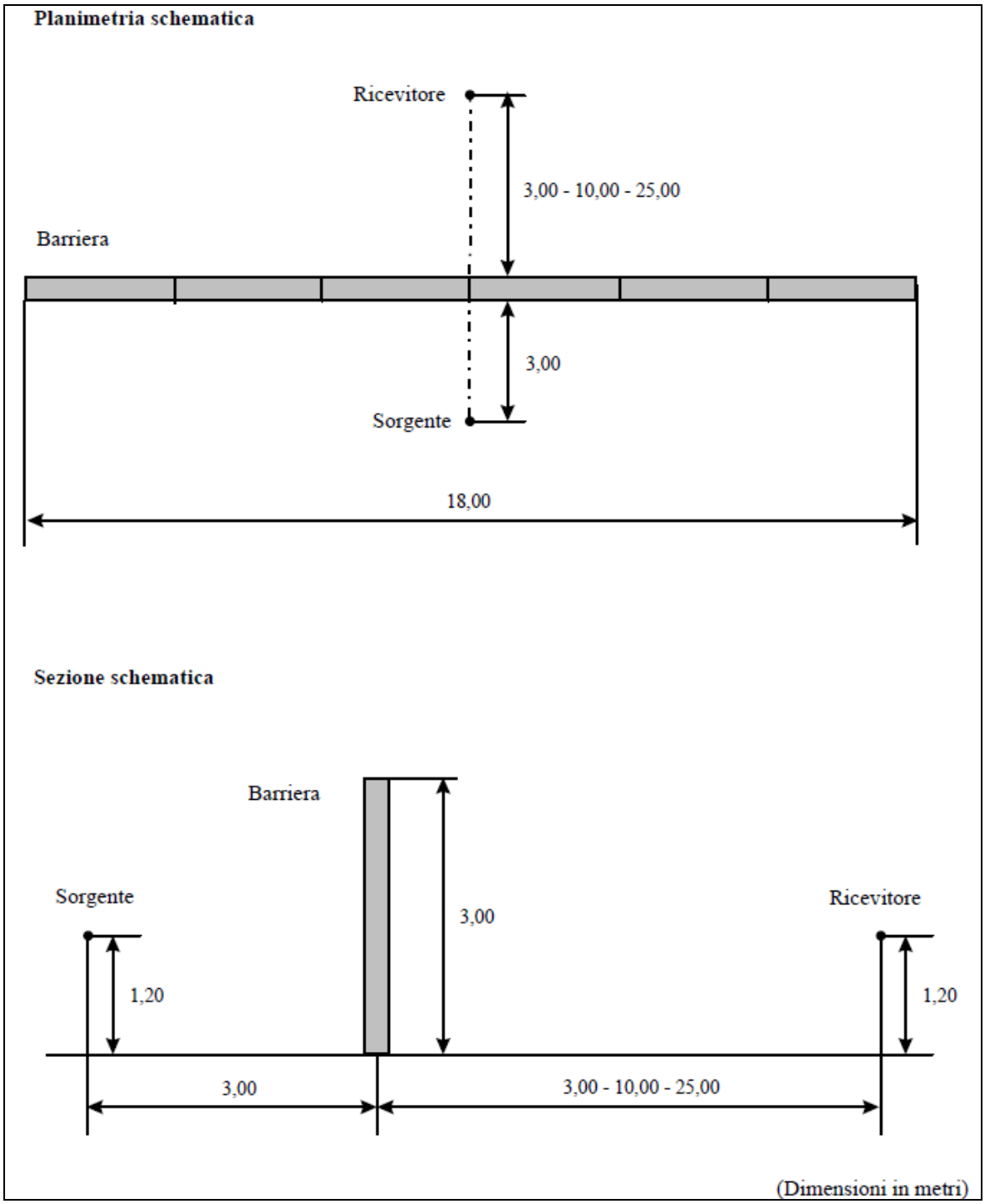


Figura 14.8.3-1

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

14.8.4 PROVA DI DETERMINAZIONE DEL PESO PROPRIO

Per i pannelli acustici si devono determinare il peso asciutto ed il peso bagnato ridotto così come definiti nell'Appendice B della UNI EN 1794-1.

14.8.5 PROVA DI STABILITA'

I pannelli devono essere sottoposti alla prova di stabilità sotto l'azione del vento e della pressione aerodinamica prodotta al passaggio dei convogli. Nel caso di elementi di barriera non verticali, devono essere valutati anche gli altri carichi agenti (peso proprio, neve, etc.). La prova sarà effettuata secondo la metodologia prevista nelle Appendici A e B della norma UNI EN 1794-1. L'appoggio/fissaggio del pannello deve essere quello previsto per l'effettiva realizzazione dell'opera; in particolare devono essere utilizzati gli stessi elementi quali montanti, guarnizioni etc..

Qualora i compensatori di gola sui pannelli non siano simmetrici, detta prova deve essere ripetuta sulle due facce dei pannelli.

Per la determinazione dell'azione totale da applicare e per i requisiti statici da richiedere si fa riferimento alle *Prescrizioni tecniche integrative e provvisorie per la progettazione delle barriere antirumore* emanate con la nota RFI/DIN/IC/009/239 del 24/3/2004.

14.8.6 PROVA DI IMPATTO

I pannelli devono resistere all'impatto causato dal pietrisco, subendo al più danni superficiali. Per i requisiti e la metodologia di prova si deve fare riferimento alla norma UNI EN 1794-1, Appendice C.

Per i pannelli in vetro si deve condurre la prova di resistenza all'urto secondo la procedura di prova riportata nella UNI EN 356 (*Vetro per edilizia - Vetro di sicurezza - Prove e classificazione di resistenza contro l'attacco manuale*) ed il pannello stesso deve appartenere almeno alla Classe P2A, salvo diversa specifica indicazione in merito a maggiori prestazioni da parte del Progettista o della Direzione Lavori.

14.8.7 PROVA A FATICA

Si riporta di seguito la "Procedura per la prova a fatica delle barriere antirumore per impieghi ferroviari", elaborata in base a quanto indicato nelle *Prescrizioni tecniche integrative e provvisorie per la progettazione delle barriere antirumore* del 24/3/2004.

La procedura prevede due prove a fatica: una a flessione e l'altra a torsione, da effettuarsi sullo stesso pannello; le due prove non devono necessariamente essere eseguite nell'ordine indicato ma è possibile invertirne la sequenza.

Il sistema da sottoporre a prova è costituito dall'insieme "*pannello*, *guarnizioni, fissaggi ai montanti"* realizzato seguendo le modalità di posa in opera indicate in progetto.

La procedura è valida per ogni genere di pannello, indipendentemente dal materiale che lo costituisce.

14.8.7.1 Documenti di riferimento

La documentazione di riferimento è costituita dalle *Prescrizioni tecniche integrative e provvisorie per la progettazione delle barriere antirumore* emanate con la nota RFI/DIN/IC/009/239 del 24/3/2004.

14.8.7.2 Oggetto della prova

La prova è finalizzata a verificare l'idoneità strutturale del sistema, costituito da pannelli acustici, guarnizioni, fissaggi ai montanti, nonché l'idoneità delle modalità di posa in opera. In particolare, la prova è diretta alla

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

verifica del comportamento a fatica dei pannelli sollecitati sequenzialmente a:

- flessione, generata dalla pressione aerodinamica del convoglio;
- torsione, dovuta alla pressione aerodinamica che induce una deformazione non in fase fra i diversi montanti della barriera stessa.

14.8.7.3 Esempio di attrezzatura di prova

Le prove devono essere concepite ed organizzate in modo tale da riprodurre le reali condizioni in opera del sistema da testare.

In via esemplificativa, nel seguito, viene descritto un tipo di attrezzatura di prova.

Detta attrezzatura può essere costituita da un telaio (si veda figg. 14.8.7.3-1-2-3) atto a riprodurre una campata di barriera di dimensioni nominali 2x3 m. Il telaio è composto da due profilati (montanti) di altezza sufficiente ad accogliere 2 metri di pannelli.

Uno dei profilati è incastrato alla base per mezzo di una piastra saldata ad un basamento metallico vincolato a sua volta ad una apposita fondazione di contrasto. Questo profilato sarà irrigidito con puntoni per garantire che non subisca spostamenti durante le prove.

L'altro profilato è vincolato al basamento metallico a mezzo di una cerniera realizzata con piastre saldate al profilato ed al basamento. Questo secondo profilato è quindi libero di ruotare in un piano ortogonale all'asse longitudinale della barriera per generare la voluta torsione sul pannello. Durante la prova a flessione questo secondo profilato è bloccato da opportuni controventi per evitare spostamenti e rotazioni alla base.

I montanti sono indicativamente costituiti da profilati HE, di dimensione opportuna, e devono riprodurre le dimensioni geometriche degli elementi del montante a cui il pannello è vincolato nella realtà. Le dimensioni indicate nelle figure 14.8.7.3-1-2-3 riportano un profilato HE. Nel protocollo di prova e nel successivo rapporto va comunque registrata la dimensione dei montanti su cui è stato installato il campione.

14.8.7.4 Campioni da sottoporre a prove

Il campione di barriera da sottoporre a prova è costituito da un numero variabile di pannelli acustici con una configurazione prossima alla più severa condizione di esercizio prevista, per un'altezza di almeno 2 metri.

Per ciascuna tipologia di pannello da omologare le prove a fatica, flessionale e torsionale, devono essere effettuate in modo da sottoporre a prova anche la connessione mutua dei pannelli sul lato lungo (pannelli montati in sovrapposizione come nella reale condizione in opera). Ove i materiali dei pannelli accoppiati siano diversi, occorre documentare il superamento delle prove dell'elemento di contatto per ciascuna tipologia e geometria di contatto tra i pannelli.

I pannelli testati devono essere completi di tutti gli accessori (viti, guarnizioni, fissaggi e quant'altro) previsti per il montaggio nelle reali condizioni e per il vincolo ai montanti.

Ove le dimensioni delle strutture di supporto lo consentano, potranno essere testate anche due tipologie di pannello contemporaneamente (ad esempio, sui due metri di altezza dei montanti di supporto potranno essere disposti più pannelli sovrapposti: due pannelli metallici h=0,5 m della stessa tipologia ed un pannello trasparente h=1 m) purché si riproduca per ogni pannello la più severa condizione di esercizio prevista.

I pannelli devono essere provati sui montanti più grandi e sui montanti più piccoli della gamma dei montanti che si vuole adottare.

Qualora le guarnizioni e/o i fissaggi dei pannelli ai montanti non siano simmetrici (uguali sui due lati dei pannelli), la prova flessionale deve essere ripetuta due volte per sollecitare i pannelli sulle due facce onde poter testare i differenti componenti posti sui due lati. Successivamente, sullo stesso pannello deve essere

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

fatta la prova torsionale. Qualora, invece, le guarnizioni di che trattasi siano già state provate in analoga tipologia di barriera, appartenente allo stesso Fornitore, le stesse possono non essere riprovate.

14.8.7.5 Procedura di prova

Prima di effettuare le prove flessionali e torsionali deve essere presentato uno specifico protocollo di prova, redatto in modo coerente alla presente sezione, che deve essere approvato preliminarmente dalle FERROVIE.

Nel protocollo di prova, oltre ad essere indicate tutte le prove da effettuare, si devono indicare tutte le attrezzature e i dispositivi di prova, i telai di supporto, le macchine per l'applicazione dei carichi, la distribuzione dei carichi nonché i dispositivi di misura.

I test di funzionalità devono essere sia di tipo flessionale che torsionale e saranno condotti, in modo sequenziale, sullo stesso sistema da omologare. Le prove devono essere condotte facendo in modo che il vincolo del pannello ai montanti sia tale da azzerare tutti i giochi presenti nell'ambito delle guarnizioni. Nel seguito vengono descritti i due tipi di test, che non devono necessariamente essere eseguite nell'ordine indicato ma è possibile invertirne la sequenza.

14.8.7.5.1 Test a flessione

Su un lato dei pannelli sarà esercitata una pressione uniforme su tutta la superficie, variabile da un minimo di 0.0 ad un massimo di 2,5 KN/mq. Qualora si ricorra ad azioni concentrate, esse devono essere tali da indurre effetti equivalenti alla suddetta pressione, in termini di sollecitazioni flessionali. Il numero e la posizione dei punti di applicazione così come il lato di applicazione del carico devono essere indicati nelle schede, specifiche per ogni tipologia di pannello, nel rapporto di prova.

Il sistema di carico deve essere dotato di un dispositivo di misurazione della forza esercitata (es. cella di carico), a garanzia della trasmissione del corretto carico. Il numero dei punti di applicazione del carico e le dimensioni dell'elemento di trasferimento del carico (es. piastra) devono essere tali da garantire la maggiore diffusione possibile del carico.

Il carico va applicato per 2.000.000 di cicli (un ciclo = 0; +2,5 KN/mq) con frequenza da stabilire in funzione delle caratteristiche del pannello. Durante la prova devono essere registrati gli spostamenti dei pannelli in corrispondenza almeno della mezzeria dello stesso e in prossimità dell'attacco al montante. La registrazione deve essere effettuata all'inizio della prova e per step successivi di circa 200.000 cicli fino alla conclusione della stessa.

Alla fine della prima prova deve essere effettuata un'ispezione visiva degli elementi montati, verificando lo stato di integrità dei pannelli e di tutti i dispositivi di collegamento e di vincolo ai montanti e l'assenza di giochi significativi fra montante e pannello la cui entità va comunque registrata; inoltre, deve essere redatto un dettagliato rapporto di prova che deve contenere tutte le informazioni necessarie.

14.8.7.5.2 Test a torsione

Il test a torsione deve essere effettuato sullo stesso pannello sottoposto o da sottoporre alla prova di flessione. Per evitare possibili danneggiamenti connessi con le operazioni di smontaggio e rimontaggio degli elementi le due prove vanno effettuate in sequenza, senza rimuovere gli elementi acustici, previa verifica che durante e a compimento della prima prova non si siano verificati problemi sulle parti visibili dei pannelli (struttura del pannello, guarnizioni e fissaggi ai montanti).

Dopo aver costatato il presunto buon esito della prima prova, si potrà dare inizio alla successiva di torsione.

Detta prova deve effettuarsi applicando fra le due estremità del generico pannello una rotazione relativa con

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

asse orizzontale variabile da 0 a 8.89 mrad. Il centro di rotazione è alla base del montante e la rotazione deve essere applicata per 2.000.000 di cicli con frequenza da stabilire in funzione delle caratteristiche del pannello.

Tale rotazione coincide con quella misurata nel punto di maggiore flessione elastica di una mensola di inerzia costante, incastrata alla base, alla quale è impresso in sommità uno spostamento trasversale, ortogonale al suo asse, pari ad 1/150 dell'altezza. Tale valore è indipendente dall'altezza del montante e, per un elemento incernierato alla base, corrisponde ad uno spostamento orizzontale pari a 8,89 mm per ogni metro di altezza.

Il sistema da verificare deve essere costituito da materiali, componenti e modalità di posa in opera identici alla reale condizione di esercizio.

A conclusione della prova deve essere redatto un dettagliato rapporto di prova che deve contenere tutte le informazioni di seguito indicate.

14.8.7.6 Criteri di accettazione

Al termine delle due prove di flessione/torsione vanno verificate le condizioni dei pannelli, delle guarnizioni e dei fissaggi ai montanti descrivendo eventuali danneggiamenti e/o usure di tutti i componenti.

La doppia prova a fatica si considera superata se il pannello ed i suoi componenti, al termine delle due prove, non hanno subito cricche estese (fessure e/o lesioni rilevabili ad occhio nudo), rotture e/o usure anomale tali da compromettere la resistenza nel tempo del componente, dislocazioni, deformazioni plastiche di tipo stabile e giochi tali da compromettere la battuta e la tenuta del pannello.

Pertanto, al termine delle suddette prove sui pannelli, devono essere effettuate le prove di caratterizzazione di tutti i materiali costituenti la tipologia di pannello, al fine di verificarne la rispondenza al progetto.

14.8.7.7 Rapporto di prova

Alla fine delle suddette prove deve essere redatto un dettagliato rapporto di prova da parte del Laboratorio Autorizzato contenente le seguenti informazioni:

- denominazione del richiedente, estremi identificativi del sistema sottoposto a prova con allegati i disegni di dettaglio di tutti gli elementi costituenti il pannello ed i relativi sistemi di fissaggio (quali guarnizioni, agganci, compensatori, pressori, collegamenti al montante, etc.);

- protocollo di prova, approvato dalle FERROVIE, con la descrizione di tutte le attrezzature, l'insieme delle misure e dei controlli effettuati nel corso della prova (sia in forma analitica che grafica), nonché una esauriente documentazione fotografica attestante lo stato dei diversi elementi prima, durante e a compimento delle prove stesse.

Nel rapporto di prova deve essere posta particolare cura nell'evidenziare sugli elementi provati eventuali rotture, cricche estese (fessure e/o lesioni rilevabili ad occhio nudo), rotture e/o usure anomale tali da compromettere la resistenza nel tempo del componente, dislocazioni, deformazioni plastiche di tipo stabile e giochi tali da compromettere la battuta e la tenuta del pannello.

In detto rapporto ci si deve astenere dall'esprimere giudizi di idoneità poiché gli stessi saranno a cura delle FERROVIE.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

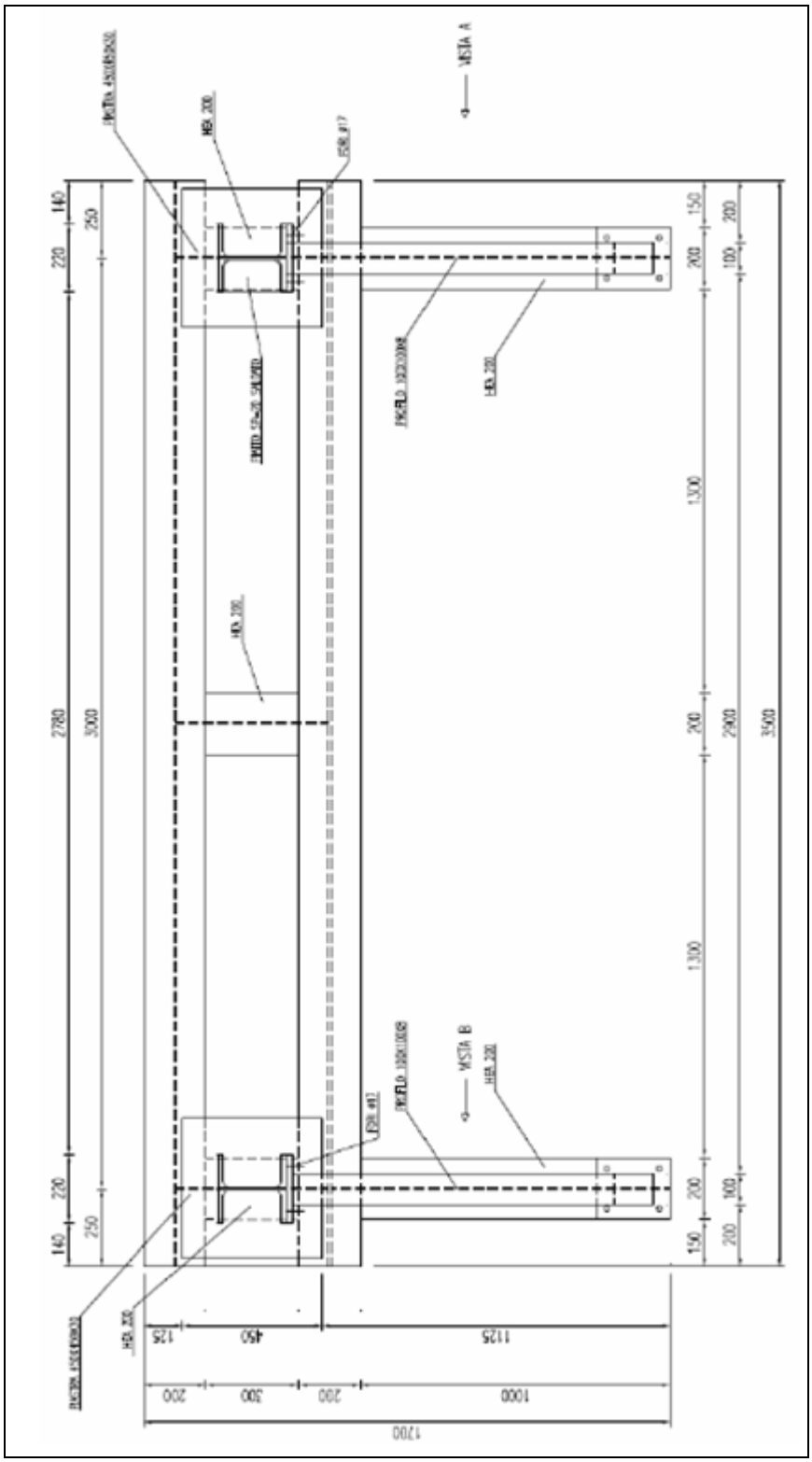


Figura 14.8.7.3-1: Telaio di supporto campionature per prove a fatica

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

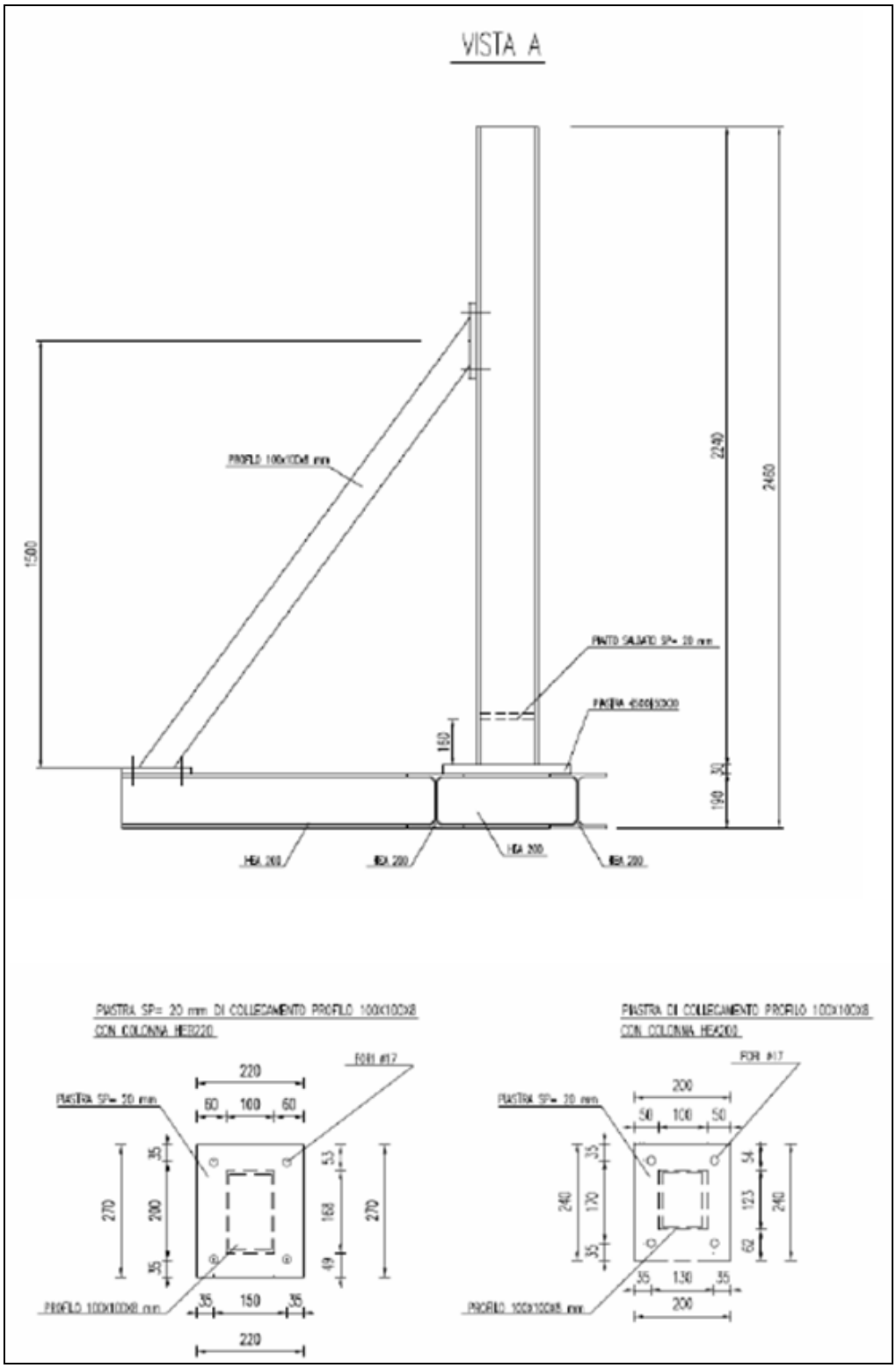


Figura 14.8.7.3-2: Telaio di supporto campionature per prove a fatica – Vista A

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

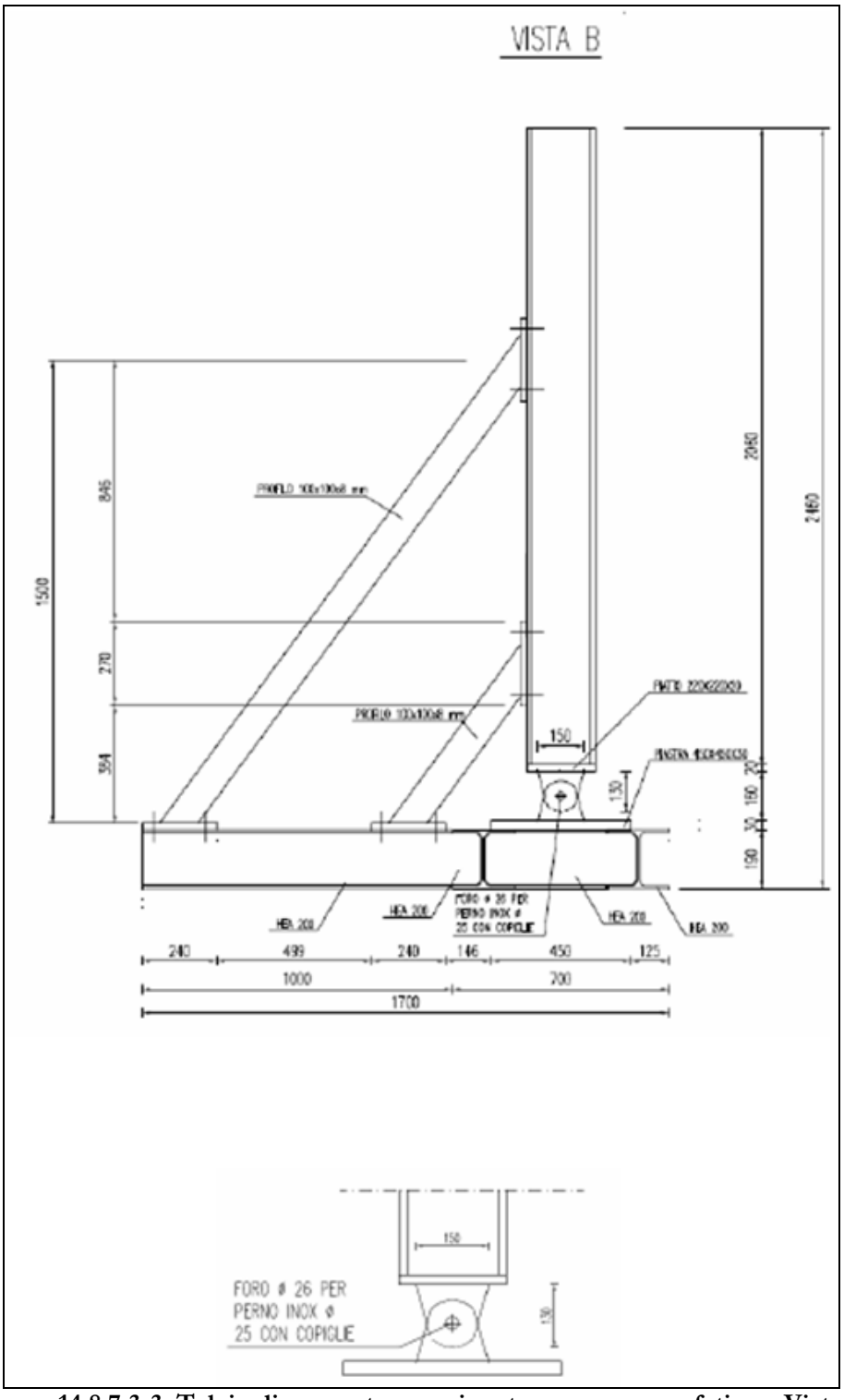


Figura 14.8.7.3-3: Telaio di supporto campionature per prove a fatica – Vista B

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

14.9 PROCEDURA PER L'OMOLOGAZIONE DELLE BARRIERE ANTIRUMORE PER IMPIEGHI FERROVIARI

Al fine di migliorare il processo di realizzazione delle barriere antirumore, la loro fornitura in opera deve essere preceduta, oltre che dagli usuali processi di verifica e validazione della progettazione ai sensi della normativa vigente, da un processo di omologazione dei componenti e del sistema nel suo complesso, basato sulla verifica delle caratteristiche e delle prove prescritte nel presente Capitolato.

L'omologazione delle barriere antirumore e dei singoli componenti deve essere richiesta dal Fornitore o dall'ESECUTORE con apposita domanda, indirizzata alle FERROVIE, a cui deve essere allegata la seguente documentazione:

1) Progetto costruttivo della barriera antirumore con montanti e pannelli

Il progetto deve essere costituito da:

A) Relazione di calcolo:

- documento contenente tutte le verifiche previste dal quadro normativo e le caratteristiche dei materiali componenti. Pertanto, devono essere presentati i calcoli di verifica di tutti gli elementi costituenti la barriera, comprese le relative pannellature e le fondazioni. Nella relazione di calcolo devono essere riportate anche le verifiche di resistenza di tutti i collegamenti bullonati, saldati e con rivetti, presenti sugli elementi costituenti le barriere fonoassorbenti (montanti, pannelli, piastre di base ecc.), nelle condizioni più severe d'esercizio, tenendo conto anche degli effetti dinamici.

  Al fine di verificare gli aspetti concernenti la durabilità dei pannelli in c.a., la relazione di calcolo di tali pannelli deve essere corredata anche dalla verifica a fessurazione, in relazione alle condizioni ambientali.

B) Elaborati grafici in scala adeguata consistenti in:

- un elaborato d'insieme del campo di barriera assemblato con prospetto, pianta e sezione degli elementi e con le relative quote d'ingombro. Inoltre, sullo stesso elaborato devono essere riportate, su apposita tabella, le posizioni di tutti gli elementi strutturali ed accessori con l'indicazione, per ogni elemento, del tipo di materiale che lo costituisce e della relativa norma di riferimento;
- un elaborato costruttivo di dettaglio (es. disegno esploso) con l'indicazione di tutti gli elementi del campo di barriera, quotati in ogni loro dimensione con le relative tolleranze. Su tale elaborato deve essere riportata altresì la stessa tabella di cui al precedente punto indicante, per ogni elemento, la posizione, la qualità del materiale che lo costituisce nonché la relativa norma di riferimento;
- un elaborato schematico con i cicli di protezione contro la corrosione per ogni elemento strutturale ed accessorio del campo di barriera;
- un elaborato relativo alla posa in opera dei pannelli nei montanti comprendente tutte le fasi e le relative operazioni di montaggio (sequenza di montaggio) e con l'indicazione degli eventuali elementi accessori (dispositivi di imbracaggio, dispositivi di imbocco dei pannelli nei montanti, dispositivi di centraggio ecc.) necessari per effettuare le suddette operazioni di posa.

Tutti gli elaborati di progetto devono essere timbrati (timbro dell'ordine) e firmati dal progettista.

Nel caso di pannelli in c.a., devono essere forniti anche i risultati delle prove svolte per la qualifica delle miscele in calcestruzzo.

2) Protocolli di prova

I protocolli sono relativi alle prove indicate nella presente sezione di Capitolato e alle verifiche sperimentali a fatica indicate nelle *Prescrizioni tecniche integrative e provvisorie per la progettazione delle barriere antirumore* emanate con la nota RFI/DIN/IC/009/239 del 24.03.2004 e la cui procedura di prova è riportata al punto 14.8.7.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

L'esame della documentazione, di cui il punto 1), è effettuato rispetto, alla normativa vigente, alle specifiche tecniche ferroviarie, al presente Capitolato e alle *Prescrizioni tecniche integrative e provvisorie per la progettazione delle barriere antirumore* del 24.03.2004 e, in caso di esito positivo, può essere dato il benestare all'avvio delle prove sperimentali.

Le prove devono essere condotte da Laboratori preventivamente autorizzati, secondo quanto previsto al paragrafo 14.6.1 della presente sezione di Capitolato, dalle FERROVIE alle quali è poi data, con il dovuto anticipo, comunicazione delle date di svolgimento.

Le prove devono essere presenziate da personale delle FERROVIE e, nel caso in cui siano superate positivamente, il Fornitore predispone un "Dossier di omologazione" contenente la documentazione tecnica sopra richiamata e i rapporti di prova debitamente vidimati dal personale ferroviario. Tale dossier deve essere inviato alle FERROVIE unitamente alla richiesta del rilascio del documento di omologazione.

Il documento di omologazione ha la validità di due anni ed è rinnovabile alla scadenza per ulteriori due anni a seguito di esplicita richiesta da parte del Fornitore (o ESECUTORE), se nel periodo precedente non sono state riscontrate anomalie sul sistema stesso da parte delle FERROVIE. In caso contrario, il rinnovo è possibile solo se tali anomalie sono eliminate.

Resta, infine, inteso che i costi relativi alle prestazioni del personale delle FERROVIE, inerenti sia la prima omologazione che i successivi rinnovi, sono a totale carico del soggetto richiedente (Fornitore o ESECUTORE) l'omologazione. Tali costi devono essere accreditati dal Fornitore a seguito dell'accettazione del preventivo di spesa formulato dalle FERROVIE e comunque prima dell'avvio delle attività di omologazione (esame tecnico e prove sperimentali).

14.9.1 VALIDITÀ E LIMITI DELL'OMOLOGAZIONE

Il superamento delle prove costituisce elemento imprescindibile per l'omologazione del "sistema pannello – guarnizioni – fissaggi ai montanti e modalità di messa in opera". L'omologazione riguarda sia il sistema costituito dai pannelli, dalle guarnizioni e dai fissaggi ai montanti sia le modalità di posa in opera.

Il cambiamento di qualsiasi elemento o componente del sistema sopra descritto comporta una nuova omologazione.

A valle del processo di omologazione, la Direzioni Lavori o l'Alta Sorveglianza nel caso di lavori affidati a General Contractor, deve effettuare i dovuti controlli sulla conformità delle forniture ai sensi delle Condizioni Generali di Contratto.

Non saranno ritenuti conformi installazioni in opera che non rispettino in toto le caratteristiche e le modalità di messa in opera del sistema omologato.

Tutte le eventuali sostituzioni o varianti, sia nelle strutture che nei materiali, che il Fornitore intenda apportare rispetto alle indicazioni contenute negli elaborati progettuali approvati devono essere immediatamente comunicate, indicandone le motivazioni, alle FERROVIE, che, a proprio insindacabile giudizio, potranno decidere in merito alla necessità di effettuare una nuova omologazione.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

14.10 ACCETTAZIONE DELLA FORNITURA IN CANTIERE

I controlli di accettazione sono finalizzati unicamente alla verifica di rispondenza della fornitura in cantiere alla normativa vigente, alle prescrizioni ferroviarie e del presente Capitolato, e sono fatti salvi tutti gli obblighi di legge per i controlli di materiali che saranno effettuati dalla Direzione Lavori.

14.10.1 PROCEDURA DI CONTROLLO DELLA PRODUZIONE

Il controllo delle barriere antirumore comprende:

- la verifica delle caratteristiche chimico - fisiche dei materiali costituenti i montanti, i pannelli nonchè gli elementi acustici della barriera;
- la verifica visiva e dimensionale dei montanti e dei pannelli secondo quanto riportato nei relativi elaborati di progetto e nella documentazione di omologazione.

I controlli relativi alla verifica visiva e dimensionale dei montanti e dei pannelli possono essere eseguiti presso lo stabilimento del costruttore, se fornito delle apparecchiature necessarie, tarate da enti ufficialmente riconosciuti, conformemente alle norme ed alle leggi vigenti, oppure presso laboratori accreditati ACCREDIA.

Le prove tecnologiche di caratterizzazione dei materiali devono invece essere eseguite presso laboratori ufficiali accreditati dal Ministero dei LL.PP in base all'art. 59 del D.P.R. 380/2001 ed alla Circolare dello stesso Ministero n° 346/STC del 14-12-1999.

Per ogni prodotto e/o materiale provato, risultato non idoneo, sono ammesse le riprove. Qualora le riprove dessero esito negativo il prodotto e/o materiale sarà definitivamente qualificato non idoneo. Se al contrario le riprove dessero esito positivo, si procederà ad un ulteriore prelievo e prove con le quali lo stesso prodotto e/o materiale sarà reso idoneo oppure non idoneo a seconda se le prove daranno esito positivo oppure negativo.

Sui pannelli costituiti da materiali scindibili, la non idoneità riguarda soltanto il materiale risultato anomalo e non l'intero pannello. Al contrario, se i materiali del pannello non sono scindibili (es: CLS + armatura) la non idoneità del singolo materiale riguarda l'intero pannello. Tuttavia la non accettabilità del lotto omogeneo da sottoporre a controllo, riguarda soltanto la produzione realizzata con il materiale anomalo. Pertanto, il costruttore deve redigere una distinta dei pannelli da controllare indicando per ogni gruppo i materiali con cui sono stati realizzati.

Il prodotto e/o il materiale qualificato definitivamente non idoneo va identificato in maniera indelebile dalle FERROVIE e deve essere accantonato e tenuto a disposizione delle FERROVIE.

Di norma tutte le richieste di controllo devono pervenire per iscritto, ad opera del costruttore, con almeno 10 giorni di anticipo rispetto alla data prevista per le operazioni di collaudo. La richiesta, da indirizzare a FERROVIE deve riportare l'indicazione completa dei materiali e degli elementi da controllare. Per particolari esigenze cantieristiche, riconosciute dalle FERROVIE, ed a rischio della ditta fornitrice, si potrà inviare il materiale in cantiere prima del controllo, provvedendo successivamente al controllo stesso, prelevando i pannelli a piè d'opera oppure in opera, a discrezione delle ferrovie. In tal caso se il controllo dovesse dare esito negativo saranno a totale carico del Fornitore gli oneri per il ripristino della partita non idonea.

Per le operazioni di controllo devono essere messi a disposizione del collaudatore le strutture logistiche, le apparecchiature e le attrezzature necessarie per l'espletamento rapido delle operazioni di cui alla presente procedura.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumeriato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Il Fornitore deve:

- avere un sistema interno di "controllo qualità" certificato in grado di controllare e registrare il livello di qualità richiesto per la fornitura del materiale soggetto a controllo;
- espletare tutte le attività necessarie secondo le vigenti norme di sicurezza e le procedure di pratica comune atte ad assicurare a tutti gli interessati al controllo condizioni di lavoro sicure;
- produrre alle FERROVIE tutta la documentazione necessaria per l'identificazione e la classificazione dei materiali e dei pannelli.

14.10.2 PANNELLI

Il controllo dei pannelli deve essere effettuato sui prodotti finiti realizzati in conformità agli elaborati progettuali costruttivi di cui al paragrafo 14.9 (punto 1-B).

Ogni pannello deve essere identificato con una targhetta di acciaio inox, di alluminio o di altro materiale durevole accettato dalle FERROVIE riportante i dati, secondo gli schemi indicati, di seguito elencati:

- **PANNELLO IN INOX**

Logo del produttore …….commessa n°…….
Cliente……..
Pannello INOX AISI 304 dim. (L x h) ……..…
Lotto di fornitura n°……..Pannelli da n°……a n°……
Anno di costr….……Pannello n°……..

- **PANNELLO IN C.A.**

Logo del produttore …….commessa n°……
Cliente…….
Pannello in CLS dim. (Lxh) …….
Lotto di fabbr. n°……..Pannelli da n°……a n°……
Data di fabbr.……Pannello n°……

- **PANNELLO IN VETRO**

Logo del produttore …….commessa n°…….
Cliente……..
Pannello in VETRO dim. (L x h) ……..…
Lotto di fornitura n°……..Pannelli da n°……a n°……
Anno di costr….……Pannello n°……..

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La targhetta deve essere indelebile e ben visibile anche dopo il montaggio in opera dei pannelli e deve essere fissata meccanicamente ai pannelli stessi con tasselli, rivetti e quant'altro approvato dalle FERROVIE.

Il Fornitore deve produrre al controllo lotti omogenei di pannelli per dimensioni e tipologia, sui quali saranno prelevati i campioni per l'estrazione dei materiali da sottoporre a prove distruttive come meglio specificato nel seguito.

Il controllo deve essere eseguito nel rispetto delle prescrizioni del presente Capitolato, che riguarderà sia le modalità di prelievo del prodotto finito sia le prove da effettuare sullo stesso e sui materiali che lo costituiscono.

14.10.2.1 Controllo dei pannelli in acciaio inox finito

Il controllo dei pannelli avviene prelevando alcuni pannelli finiti su cui saranno effettuate le prove indicate di seguito, nel rispetto delle relative normative di riferimento.

Il numero di pannelli da prelevare sarà il seguente:

TIPOLOGIA DIMENSIONALE DEI PANNELLI	LOTTO OMOGENEO DA SOTTOPORRE A CONTROLLO m^2	NUMERO DI PANNELLI DA PRELEVARE
500 x 2950 mm	750	1

Sui campioni prelevati vanno effettuate le seguenti prove:

Tabella 14.10.2.1-1: Controlli sul pannello in acciaio inox finito

PANNELLO	CONTROLLI E PROVE	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
ACCIAIO INOX	Esame visivo e dimensionale dell'elemento	progetto costruttivo
	Controlloforatura pannelli (interassi, diametri, v/p, ect)	progetto costruttivo
	Controllo degli interassi e dei diametri dei dei rivetti	progetto costruttivo
	Controllo dei centraggi e della loro posizione	progetto costruttivo
	Controllo delle guarnizioni e della loro posizione geometrica	progetto costruttivo
	Controllo degli elementi di testa del pannello	progetto costruttivo
	Controllo degli eventuali compensatori di gola	progetto costruttivo
	Controllo della verniciatura	progetto costruttivo

14.10.2.2 Controllo dei pannelli in cemento armato finito

Il controllo dei pannelli avverrà prelevando per ogni tipologia dimensionale alcuni pannelli finiti su cui saranno effettuate le prove indicate di seguito nel rispetto delle relative norme di riferimento.

Il numero di pannelli da prelevare sarà il seguente per ogni tipologia dimensionale:

TIPOLOGIA DIMENSIONALE DEI PANNELLI	LOTTO OMOGENEO DA SOTTOPORRE A CONTROLLO m^2	NUMERO DI PANNELLI DA PRELEVARE
1000 x 2950 mm	1500	1
1500 x 2950 mm	1500	1
2000 x 2950 mm	1500	1

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Sui campioni prelevati saranno effettuati i seguenti controlli e prove:

Tabella 14.10.2.2-1: Controlli sul pannello in c.a. finito

PANNELLO	CONTROLLI E PROVE	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
CLS	Esame visivo e dimensionale dell'elemento	progetto costruttivo
	Prove sclerometriche	UNI EN 12504-2
	Controllo della geometria e dei diametri delle amature	progetto costruttivo
	Controllo delle boccole di imbracaggio e della loro posizione geometrica	progetto costruttivo
	Controllo dei centraggi e della loro posizione	progetto costruttivo
	Controllo delle guarnizioni e della loro posizione geometrica	progetto costruttivo

14.10.2.3 Controllo dei pannelli in vetro finito

Il controllo dei pannelli avverrà prelevando per ogni tipologia dimensionale alcuni pannelli finiti su cui saranno effettuate le prove indiciate di seguito nel rispetto delle relative norme di riferimento.

Il numero di pannelli da prelevare sarà il seguente per ogni tipologia dimensionale:

TIPOLOGIA DIMENSIONALE DEI PANNELLI	LOTTO OMOGENEO DA SOTTOPORRE A CONTROLLO m^2	NUMERO DI PANNELLI DA PRELEVARE
500 x 2950 mm	750	1
1000 x 2950 mm	1500	1
1500 x 2950 mm	1500	1
2000 x 2950 mm	1500	1

Sui campioni prelevati saranno effettuate le seguenti prove:

Tabella 14.10.2.3-1: Controlli sul pannello in vetro finito

PANNELLO	CONTROLLI E PROVE	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
VETRO	Esame visivo e dimensionale dell'elemento	progetto costruttivo
	Controllo della posizione e dei diametri delle viti e/o rivetti	progetto costruttivo
	Controllo degli imbracaggi e della loro posizione geometrica	progetto costruttivo
	Controllo dei centraggi e della loro posizione	progetto costruttivo
	Controllo delle guarnizioni in gomma e della loro posizione geometrica	progetto costruttivo
	Controllo della zincatura sul telaio	UNI EN ISO 1461
	Prova resistenza agli urti	UNI EN 356
	Controllo visivo della verniciatura sul telaio (presenza di bolle, sfogliature, uniformità di colore ecc.)	/

14.10.2.4 Controllo dei materiali costituenti i pannelli

Tutti i materiali costituenti i pannelli per barriere antirumore devono essere corredati di certificato di origine emesso dal produttore.

14.10.2.4.1 Acciaio inox

Le provette per le prove devono essere ricavate dai prodotti finiti.

Sulla lamiera di acciaio inox verranno effettuate le prove riportate in tabella 14.10.2.4.1-1.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Tabella 14.10.2.4.1-1: Prove acciaio inox

PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Snervamento	UNI EN 10088-1	≥ 230 N/mm2
Rottura	UNI EN 10088-2	540 ÷ 750 N/mm2
Allungamento a rottura	UNI EN ISO 6892-1	≥ 45 %
Analisi chimica	ASTM A240	Tipo S304
Corrosione	UNI EN 3651-2	Nessuna cricca

Sulla vernice, oltre alla misura dello spessore (UNI EN ISO 2808) ed alla prova di comparazione dello Spettro IR (ASTM E1252), devono essere effettuate le seguenti prove prestazionali:

Tabella 14.10.2.4.1-2: Prove sul film di verniciatura

PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Aderenza a) Trazione b) Quadrettatura	 UNI EN ISO 4624 UNI EN ISO 2409	 ≥ 2 Mpa Grado 0 (nessun distacco)
Resistenza agli urti	UNI EN ISO 6272-1 UNI EN ISO 6272-2	- la pellicola non deve presentare screpolature o distacchi per caduta di una massa di 1 kg da un'altezza di 70-80 cm sul dritto - la pellicola non deve presentare screpolature o distacchi per caduta di una massa di 1 kg da un'altezza di 30 cm sul rovescio

14.10.2.4.2 Acciaio zincato e verniciato

L'acciaio del telaio del pannello in vetro deve essere sottoposto alle prove riportate in tabella 14.10.2.4.2-1.

Tabella 14.10.2.4.2-1: Prove acciaio zincato

PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Snervamento	UNI EN 10025-1-2 UNI EN ISO 6892-1	≥ 275 N/mm2 (S275JR)
Rottura		430 ÷ 580 N/mm2 (S275JR)
Allungamento a rottura		≥ 15 % (sp. ≤ 1)
		≥ 16 % (sp. 1 ÷ 1,5)
		≥ 17 % (sp. 1,5 ÷ 2)
		≥ 19 % (sp. 2,5 ÷ 3)
Analisi chimica		In funzione della tipologia di acciaio

Le caratteristiche meccaniche dell'acciaio zincato a caldo potranno essere accettate ridotte del 10% rispetto ai valori della normativa del prodotto grezzo.

Il controllo della rispondenza dei prodotti vernicianti al ciclo di verniciatura omologato sarà effettuato secondo le procedure e le modalità operative previste dall'Istruzione FS 44V.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

14.10.2.4.3 Gomma (EPDM)

Le modalità da seguire per la preparazione dei campioni sono quelle descritte nella norma UNI ISO 23529, UNI ISO 4661-2.

Per l'intervallo di tempo tra la vulcanizzazione del prodotto, preparazione del campione ed esecuzione delle prove vale quanto indicato nella norma UNI ISO 23529.

Deve inoltre possedere le caratteristiche fisico-meccaniche riportate nelle tabelle del paragrafo **14.6.4.2** della presente sezione di Capitolato.

Le prove di norma devono essere effettuate su prodotti finiti. Per produzioni con particolari geometrie, previo accordo con il personale incaricato dei controlli delle FERROVIE, tutte le prove meccaniche e chimiche della suddette tabelle potranno essere effettuate su placche provenienti dallo stesso lotto di mescolanza del prodotto finito. In tal caso, devono prevedersi sul prodotto finito le seguenti prove di comparazione non particolarmente invasive per il prodotto stesso:

- determinazione della densità;
- determinazione del residuo in cenere;
- determinazione dello spettro IR.

In alternativa alle suddette prove di comparazione, potrà essere effettuata un'analisi termo-gravimetrica sul prodotto finito da confrontare con le placche provenienti dallo stesso lotto di mescolanza.

Per quanto concerne lo spettro IR (UNI ISO 4650), ricavato dal pezzo finito, lo stesso deve essere confrontato con il grafico ricavato dalla placca. I due grafici, oltre ad essere rappresentativi della mescola EPDM, devono avere le ascisse dei picchi massimi pressoché coincidenti.

In merito alla densità ed al residuo in cenere ricavati sul pezzo finito, sono ammesse le seguenti tolleranze rispetto ai valori ricavati su placca:

Tabella 14.10.2.4.3-1: Tolleranze guarnizioni

PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Densità	UNI ISO 2781	± 2 % (rispetto alla placchetta)
Residuo in cenere	UNI ISO 247	± 1,5 % (rispetto alla placchetta)

14.10.2.4.4 Bulloneria del pannello

Tutti gli elementi della bulloneria devono essere conformi a quanto riportato nel paragrafo 14.6.4.1 della presente sezione di Capitolato.

I bulloni devono essere sottoposti alle prove riportate in tabella 14.10.2.4.4-1.

Tabella 14.10.2.4.4-1: Prove bulloneria

PROVA	NORMA DI	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Rottura con trazione a cuneo	UNI EN ISO 898-1 UNI EN ISO 898-2	≥ 800 Mpa (Classe 8.8 - d ≤ 16 mm)
		≥ 830 Mpa (Classe 8.8 - d > 16 mm)
		≥ 1040 Mpa (Classe 10.9)
Tenacità della testa per viti corte		Nessuna frattura
Durezza		250 ÷ 320 (Classe 8.8 - d ≤ 16 mm)
		255 ÷ 335 (Classe 8.8 - d > 16 mm)
		320 ÷ 380 (Classe 10.9)

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

14.10.2.4.5 Lana minerale

La lana minerale deve possedere le caratteristiche fisico-meccaniche riportate nella tabella 14.6.2.1-1 del paragrafo 14.6.2.1 ed essere sottoposta alle prove riportate nella tabella 14.6.2.1-2 del medesimo paragrafo.

14.10.2.4.6 Polipropilene

La procedura adottata per la gomma nel paragrafo 14.10.2.4.3 deve essere adottata anche per il polipropilene per il quale i valori delle tolleranze ammesse per la densità ed il residuo in cenere ricavati sul pezzo finito, rispetto a quelli ricavati su placca, devono essere i seguenti:

Tabella 14.10.2.4.6-1: Tolleranze polipropilene

	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Densità	UNI EN ISO 1183-1	± 2 % (rispetto alla placchetta)
Residuo in cenere	UNI EN ISO 3451-1	± 2 % (rispetto alla placchetta)

Per quanto concerne lo spettro IR (UNI ISO 4650), ricavato dal pezzo finito, lo stesso deve essere confrontato con il grafico ricavato dalla placca. I due grafici, oltre ad essere rappresentativi della mescola del polipropilene, devono avere le ascisse dei picchi massimi pressoché coincidenti.

14.10.2.4.7 Acciaio per cemento armato e calcestruzzo

Per i controlli di qualità dell'acciaio per c.a. (armatura in barre, in fili ed in rete elettrosaldata) e del calcestruzzo si rimanda alle NTC 2008 ed alla sezione 6 del presente Capitolato.

14.10.2.4.8 Vetro

La lastra di vetro deve avere le caratteristiche riportate al paragrafo 14.6.2.3 della presente sezione di Capitolato. Inoltre, sottoposto alla prova di resistenza all'urto secondo la procedura si cui alla norma UNI 356, deve appartenere almeno alla Classe **P2A** (paragrafo 14.8.6), salvo diversa specifica indicazione in merito a maggiori prestazioni da parte del Progettista o della Direzione Lavori.

14.10.3 MONTANTI, BULLONI E TIRAFONDI

14.10.3.1 Controllo dei materiali

Per il collaudo dei materiali, per il controllo delle lavorazioni d'officina e per il montaggio in opera, si richiama l'osservanza dell'Istruzione 44/M di RFI – *"Specifica per il controllo dei materiali, delle lavorazioni in officina e del montaggio in opera delle travate metalliche e miste acciaio-calcestruzzo per ponti ferroviari e cavalcaferrovia"*.
Per quanto concerne le saldature per la realizzazione delle strutture metalliche si richiama l'osservanza dell'Istruzione FS 44/S vigente.

I montanti devono essere conformi a quanto riportato nel paragrafo 14.6.3.1 della presente sezione di Capitolato.

I tirafondi e gli elementi della bulloneria devono essere conformi a quanto riportato nel paragrafo 14.6.4.1 della presente sezione di Capitolato.

14.10.3.2 Controllo sul montante finito

Le saldature ed i relativi controlli devono essere eseguiti nel rispetto dell'Istruzione FS 44 S.

Il trattamento di verniciatura dei montanti zincati a caldo deve essere eseguito con cicli omologati - su

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

supporto zincato - in accordo alla Istruzione FS 44/V.

Per il trattamento protettivo le prove sono quelle previste dall'Istruzione FS 44 V e, in particolare, le seguenti:

- verifica della zincatura secondo la Norma UNI EN ISO 1461;
- misura degli spessori degli strati protettivi secondo UNI EN ISO 2808;
- controllo dell'aderenza secondo UNI EN ISO 2409 e UNI EN ISO 4624;
- controllo della rispondenza dei prodotti vernicianti al ciclo di verniciatura omologato, secondo le procedure e le modalità operative previste dall'Istruzione FS 44 V.

Sui pezzi zincati a caldo si devono eseguire controlli visivi e di rilevamento dello spessore; il materiale deve risultare privo di scaglie, eccessi di zinco, noduli, rigonfiamenti, rugosità e parti taglienti che possano causare lesioni, cenere, residui di flusso, aree non rivestite e deve essere idoneo a ricevere il trattamento di verniciatura.

Lo zincatore deve procedere alla riparazione dei difetti in accordo al punto 6.3 della norma UNI EN ISO 1461; inoltre, per ogni lotto lavorato, deve rilasciare un certificato di conformità del prodotto fornito ai requisiti della norma su richiamata con riferimento al punto 6.1 (aspetto), al punto 6.2 (spessore) e al punto 6.3 (riparazioni).

Prima dell'applicazione delle vernici le stesse devono essere sottoposte a controlli (spettro IR) per ogni lotto di produzione. I controlli devono essere eseguiti da laboratori accreditati secondo quanto riportato al paragrafo 14.6.1 della presente sezione di Capitolato.

Dopo l'applicazione, il verniciatore deve eseguire e certificare per ogni lotto di spedizione le caratteristiche del ciclo adottato. L'aspetto visivo, il rilevamento dello spessore e le prove di aderenza (pull-off e/o quadrettatura) secondo UNI EN ISO 2409 e UNI EN ISO 4624.

Avvertenze

Ultimate le lavorazioni in officina, sul prodotto finito devono essere effettuati in sequenza controlli da parte del Produttore, da un Ente Esterno autorizzato e qualificato e dalle FERROVIE nel rispetto della normativa vigente e delle specifiche ferroviarie.

Per ogni prodotto e/o materiale provato, risultato non idoneo, sono ammesse le riprove. Qualora le riprove dessero esito negativo il prodotto e/o materiale sarà definitivamente qualificato non idoneo. Se al contrario le riprove dessero esito positivo, si procederà ad un ulteriore prelievo e prove con il quale lo stesso prodotto e/o materiale sarà definitivamente qualificato idoneo oppure non idoneo a seconda se le prove daranno esito positivo oppure negativo.

Il prodotto e/o il materiale qualificato definitivamente non idoneo va identificato in maniera indelebile dalle FERROVIE e va accantonato e tenuto a disposizione delle FERROVIE stesse fino al termine della commessa.

Prima di procedere alla spedizione in cantiere, il materiale deve essere sottoposto a verifiche (certificati, esame visivo, controllo spessori e aderenza) da parte delle FERROVIE.

Tutti i montanti devono essere identificati con un numero seriale progressivo, visibile anche dopo la posa in opera, da apporre con punzonatura. Tale numero deve essere progressivo per tipologia e altezza di montante.

14.11 CONTROLLI IN OPERA

Dopo il montaggio in opera vanno effettuate a campione da parte delle FERROVIE verifiche di posizionamento dei montanti e delle coppie di serraggio, in ragione minimo del 30% degli elementi, fatta salva altra percentuale indicata dalla Direzione Lavori. Tali controlli possono essere estesi in funzione

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

dell'esito fino al 100% degli elementi stessi.

In caso di esecuzione di ritocchi del rivestimento protettivo, vanno effettuati controlli sulla finitura del rivestimento stesso e sui prodotti utilizzati devono essere eseguite le stesse prove che si effettuano di regola sui prodotti adottati in officina

14.12 COLLAUDO

Le barriere antirumore rientrano tra le categorie di opere soggette a collaudo al fine di accertane la rispondenza a requisiti progettuali. Esso prevede il collaudo Tecnico Amministrativo, il collaudo Statico e il collaudo Acustico.

14.12.1 COLLAUDO STATICO

Le barriere sono opere che includono sia la parte in fondazione che quella in elevazione.

Sono soggette a collaudo statico tutte le opere o le parti di opere che svolgono funzione portante e che interessano la sicurezza dell'opera e, conseguentemente, la pubblica incolumità.

Le attività da svolgere ai fini del collaudo statico sono descritte nelle "*Linee guida per il collaudo statico delle opere di ingegneria civile dell'infrastruttura ferroviaria*".

14.12.2 COLLAUDO ACUSTICO

Il collaudo delle caratteristiche acustiche della barriera deve essere eseguito e firmato da un tecnico competente in acustica ambientale.

Il collaudatore, dopo aver controllato la documentazione relativa alla progettazione acustica, deve provvedere alla misurazione dell'efficacia del sistema antirumore in esame in relazione agli obiettivi progettuali, conformemente a quanto riportato nei seguenti paragrafi.

14.12.2.1 Prova di perdita per inserzione (Insertion Loss) della barriera in opera (accettabilità definitiva)

La prova consiste nella determinazione della perdita per inserzione media Δi (in dB(A)) nei punti di misura di seguito specificati.

Si distinguono due situazioni:

1) linee esistenti;

2) linee di nuova costruzione o linee esistenti interessate da raddoppi, quadruplicamenti, velocizzazioni, etc..

Nella situazione 1), in assenza e presenza della barriera, per ogni punto $\mathbf{P_i}$ di misurazione sono rilevati i livelli di esposizione $\mathbf{L_{AE}}$ per un numero complessivo di transiti di rotabili pari almeno a 40, equamente distribuiti sul binario più vicino e più lontano dalla barriera.

La tipologia dei convogli è costituita da treni viaggiatori (IC, Espressi, IR, ecc.) e merci con una ripartizione sul numero totale dei transiti pari rispettivamente al 75% e al 25%. I valori misurati per ogni transito sono utilizzati per calcolare le medie aritmetiche delle perdite per inserzione relative ai transiti di treni viaggiatori e di treni merci. I due valori così ricavati sono utilizzati per determinare il valore di attenuazione globale $\mathbf{\Delta i}$, nei singoli punti $\mathbf{P_i}$, con la stessa ripartizione di traffico viaggiatori/merci presa in considerazione per il progetto acustico della barriera.

I punti di misura $\mathbf{P_i}$ (almeno tre) saranno posti, in linea di massima, in un piano mediano rispetto all'intera

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

lunghezza della barriera alle distanze di 10 e 25 metri dalla mezzeria del binario più vicino (lato misura) e all'altezza, riferita al p.d.f., rispettivamente di 1,5 metri (per d=10 m) e di 3,5 e 6,5 metri (per d=25 m).

Nella situazione 2) non ha significato l'effettuazione di misurazioni in assenza di barriera in quanto la situazione acustica successiva alla realizzazione o al potenziamento della linea è radicalmente diversa da quella antecedente. La prova, pertanto, sarà eseguita con il cosiddetto "metodo indiretto": le misurazioni saranno effettuate contemporaneamente in punti in corrispondenza della barriera e in un sito 'analogo', con gli stessi criteri previsti per il caso di linee esistenti (punti di misurazione, numero di transiti, grandezze da rilevare, determinazione della perdita per inserzione media, ecc.).

Prima di effettuare le misurazioni, comunque, occorre verificare che i due siti abbiano le stesse caratteristiche acustiche. A tale scopo si procede al confronto tra i livelli di esposizione ad almeno 10 transiti di convogli ferroviari, per ciascun binario, in due punti alla stessa altezza rispetto al piano del ferro ed alla stessa distanza dalla linea ferroviaria, uno in corrispondenza della barriera ed un altro nel sito 'analogo'. La posizione dei due punti di misurazione deve essere tale che, in corrispondenza della barriera, i livelli di pressione sonora indotti dai transiti dei convogli ferroviari non risentano dell'effetto schermante della barriera stessa. Detti punti sono posti ad una distanza dalla linea ferroviaria maggiore di quella della barriera e ad un'altezza sul piano del ferro tale che l'angolo di elevazione del microfono rispetto alla rotaia più vicina sia maggiore dell'angolo di elevazione del bordo superiore della barriera per almeno 10°.

La media delle differenze tra i livelli di esposizione rilevati nei due siti non deve risultare maggiore di ± 1 dB in ogni banda di frequenza d'ottava nel campo 125÷4000 Hz e globalmente in ponderazione A. In presenza di valori maggiori si applicano, durante la prova di perdita per inserzione, dei termini correttivi (pari alla predetta media) ai valori rilevati nei punti di misurazione in corrispondenza della barriera o del sito 'analogo'.

I valori della perdita per inserzione globale, nei punti P_i, non devono essere inferiori a quelli risultanti dagli elaborati di progetto.

14.12.2.2 Verifiche post operam dell'avvenuta mitigazione

Per l'accettabilità definitiva della barriera in opera, dal punto di vista della sua efficacia acustica, deve essere anche verificato il rispetto dei limiti di legge assunti a riferimento nella progettazione, seguendo la metodologia di prova descritta nell'allegato C del decreto del ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio del 16.03.1998 "*Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico*".

La verifica post operam dell'avvenuta mitigazione dei livelli di rumore ai ricettori potrà essere eseguita contestualmente ai rilievi effettuati per la valutazione dell'insertion loss di cui al punto precedente. Tale verifica deve essere eseguita da un tecnico competente in acustica ambientale.

Le prove devono essere condotte sui ricettori maggiormente esposti e localizzati nelle zone centrali e terminali dell'opera di mitigazione. Per le opere di lunghezza non superiore a 1000 metri, occorrerà prevedere un numero minimo di postazioni di misura pari a tre; per le opere di lunghezza maggiore, tale numero deve essere aumentato in maniera appropriata prevedendo una postazione di misura almeno ogni 350 metri di barriera.

Resta inteso che al fine di verificare la rispondenza delle prestazioni della barriera realizzata a quanto previsto in progetto, le misure ottenute in fase di monitoraggio post operam devono essere opportunamente riproporzionate tenendo conto del traffico di progetto.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

14.13 TIPOLOGIE DI BARRIERE ANTIRUMORE PER IMPIEGHI FERROVIARI

14.13.1 BARRIERA STANDARD TIPO "HS"

Il progetto delle Barriere antirumore standard per impieghi ferroviari tipo HS è stato emanato nel 2005 (nota RFI-DIN\A0011\P\2005\0002423 del 6/10/2005) ed aggiornato nel 2010 con nota RFI\DTC\INC\A0011\P\2010\0000600 del 6/10/2010.

L'ESECUTORE, d'intesa con le FERROVIE, può fare riferimento ad esso per tutti gli elaborati progettuali alla versione più aggiornata del progetto standard, disponibile al momento del ritiro della documentazione di gara.

La rilevante efficacia acustica e la sostanziale semplicità delle tecnologie realizzative rendono le barriere vincenti nel confronto con le altre tipologie di intervento e ne favoriscono l'impiego su larga scala.

L'esigenza di adottarle in modo estensivo ha reso necessaria la ricerca di una soluzione standardizzata rispettosa di tutte le esigenze, spesso anche contrastanti, di cui si deve tener conto, e che riguardano principalmente:

- la sicurezza e l'esercizio del trasporto ferroviario e la manutenzione dell'infrastruttura;
- la massimizzazione dell'efficacia acustica e della durabilità delle opere;
- l'ottimizzazione dell'inserimento ambientale.

La scelta dei materiali è stata determinata dalla necessità di conciliare le esigenze di efficacia acustica, durabilità delle opere e inserimento ambientale. I materiali lapidei, come il calcestruzzo, forniscono una maggiore garanzia di durabilità, ma non consentono di raggiungere i più elevati standard di efficacia acustica in termini di caratteristiche di fonoassorbimento dell'onda sonora incidente. D'altra parte, i materiali più tipicamente fonoassorbenti sono anche quelli più deteriorabili e quindi il loro utilizzo è sconsigliabile nelle zone maggiormente esposte ad azioni meccaniche e di invecchiamento. In ogni caso sia i materiali lapidei che quelli fonoassorbenti, tipicamente contenuti in elementi scatolari metallici, ostacolano la libera visuale del paesaggio sia dal lato del viaggiatore che da quello dei ricettori e per questi ultimi possono anche limitare la naturale illuminazione solare. Per contro, i materiali trasparenti non hanno capacità di fonoassorbimento dell'onda incidente che viene quindi riflessa sul lato opposto con una perdita dell'efficienza acustica globale dell'opera e sono maggiormente vulnerabili agli atti vandalici..

14.13.1.1 Le scelte progettuali

Sulla base delle considerazioni esposte, delle esperienze maturate con interventi realizzati in numerosi tratti di infrastruttura ferroviaria e dei risultati dei progetti internazionali di settore, sono stati definiti il profilo geometrico, la distribuzione dei materiali e la posizione della barriera antirumore standard per impieghi ferroviari.

La barriera standard HS è costituita da due parti distinte: una base prefabbricata in calcestruzzo armato fino a 2,00 m sul p.f. e una pannellatura acustica fino ad una altezza massima di circa 7,50 m sul p.f. sostenuta da montanti in acciaio posti ad un interasse tipico di 3,00 m.

Procedendo dal basso verso l'alto, la barriere standard è costituita da:

- una base di supporto in cemento armato di altezza fino a 2,00 m sul piano del ferro, inclinata verso l'infrastruttura ferroviaria di 12° sulla verticale e con prestazioni acustiche di media fonoassorbenza (classe Ib). Tale scelta, tesa all'utilizzo di materiali maggiormente resistenti nella zona di appoggio della barriera, dove le azioni ambientali sono più elevate (lancio di pietrisco, depositi di pulviscolo di ferro, pericolo di stagnazione di acqua, ecc.), è derivata dai risultati della ricerca Euroecran, in cui si è dimostrato che con materiali non assorbenti inclinati da 12° a 14° sulla verticale si ottiene un'efficace riflessione dell'onda

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

sonora incidente verso il ballast, riducendo così gli effetti indesiderati delle riflessioni multiple tra convoglio e barriera e ottenendo risultati analoghi al caso di utilizzo di materiali fonoassorbenti disposti verticalmente. Inoltre, l'adozione di un materiale massivo per la base di supporto comporta una minore deformabilità strutturale delle opere, aspetto da non sottovalutare soprattutto per le barriere più alte che possono assolvere anche alla funzione di sostegni delle sospensioni TE;

- una pannellatura superiore verticale opaca fonoassorbente (classe Ia) che minimizza gli effetti di diffrazione al bordo della barriera. Tale pannellatura è costituita da scatolari metallici di acciaio inox (AISI 304 verniciato con spessore delle lamiere non minore di 12/10 di mm) in modo da ridurre il carico permanente e massimizzare la durabilità dell'opera. In caso di specifiche e giustificate richieste nella fase di approvazione degli interventi di mitigazione, i pannelli acustici metallici posizionati tra i 2,00 m ed i 3,50 m sul piano del ferro, possono essere sostituiti con pannelli acustici trasparenti da realizzare in vetro stratificato e temperato, composto da almeno due lastre di 8 mm di spessore con interposto un film di polivinilbutirrale dello spessore di 1,5 mm.

Tutti i materiali e i prodotti utilizzati devono essere conformi a quanto prescritto nella presente Sezione di Capitolato e negli elaborati di progetto.

Le barriere antirumore HS sono posizionate in modo da non occupare la fascia di rispetto di larghezza pari a 2,65 m a partire dal bordo interno della più vicina rotaia (o pari a 3,37 m dall'asse del binario più esterno) necessaria per soddisfare esigenze di sicurezza, esercizio e manutenzione dell'infrastruttura.

Dovendo rispondere ad esigenze estremamente variabili lungo il nastro ferroviario, le barriere sono strutture modulari: longitudinalmente si compongono di campi di lunghezza pari a circa 3,00 m mentre, nella parte superiore alla base di supporto il passo di sviluppo della pannellatura e dei montanti è di circa 0,50 m.

Le barriere di altezza complessiva compresa tra 3,50 e 7,50 m sul piano del ferro sono completate da un aggetto inclinato verso l'infrastruttura ferroviaria con proiezione orizzontale pari a 0,80 m. L'aggetto non deve essere considerato come ingombro della fascia di rispetto di cui sopra e deve essere sempre realizzato con pannelli acustici metallici.

L'inserimento delle barriere HS nelle piattaforme ferroviarie consente l'alloggiamento dei cavi elettrici e dei cavi per le telecomunicazioni, lo smaltimento delle acque meteoriche e l'agevole ispezionabilità dell'opera.

Infine, per tener conto della difficoltà di installazione della barriera su alcune tipologie di opere d'arte, è stata studiata una diversa soluzione costruttiva realizzata con montanti interamente metallici, pannelli acustici in calcestruzzo fino alla quota di 2,00 m sul piano del ferro e in acciaio inox per la parte superiore. Tale soluzione è applicata di norma sugli impalcati del Manuale di Progettazione di RFI. L'ottimizzazione dell'inserimento ambientale è stata perseguita attraverso lo studio architettonico della struttura che, nel rispetto dei parametri definiti, è stato sviluppato soprattutto con riferimento:

- alla base di supporto;
- al montante di sostegno dei pannelli acustici superiori;
- all'eventuale rivestimento esterno della barriera.

14.13.1.2 La flessibilità architettonica, acustica e costruttiva

La necessità di dover assicurare l'ottimale inserimento ambientale e urbanistico della barriera standard in realtà estremamente variabili, costituendo eventualmente anche l'occasione per un riassetto urbano delle zone più o meno degradate adiacenti alla sede ferroviaria, ha spinto a ricercare una soluzione che pur mantenendo il carattere di prodotto standardizzabile e quindi applicabile in modo ripetitivo lungo il nastro ferroviario, potesse essere di volta in volta modificato per meglio adattarsi al particolare contesto ambientale in esame. Il sistema costruttivo scelto è dunque costituito da un modulo base, denominato per la sua forma geometrica

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

"shell", predisposto per essere eventualmente completato con rivestimenti, detti "sensitive skin", da scegliere in base al contesto di inserimento.

Dal punto di vista realizzativo, ciò è stato conseguito affidando al montante di sostegno dei pannelli acustici anche la funzione di supporto del rivestimento esterno. Inoltre, il progetto del montante di sostegno è stato sviluppato per garantire la possibilità di modificare nel tempo l'altezza della barriera senza dover rimuovere tutta l'opera ma smontandone esclusivamente la parte sommitale. A fronte di una maggiore complessità strutturale e costruttiva è possibile così far fronte in modo agevole ad eventuali mutamenti delle esigenze di contenimento dei livelli sonori prodotti dall'infrastruttura ferroviaria (ad esempio per modifiche infrastrutturali o d'esercizio della linea) o, laddove previsto, alla realizzazione degli interventi per fasi successive.

La barriera standard HS con un numero limitato di componenti consente sia di superare i principali ostacoli presenti lungo la linea ferroviaria che non permettono il ripetersi indefinito di un unico modulo standard, sia di modificare l'altezza della barriera senza smontare tutta l'opera, ma solamente la sua parte terminale.
Per ottimizzare il dimensionamento strutturale dei componenti, sono previste 3 tipologie diverse di basi portanti, cioè atte a sostenere il montante della barriera ("BM" = base montante). La base "BM95" è dimensionata per barriere che arrivano fino ad un'altezza massima di 3 m sul p.f.; la base "BM110" per barriere dai 3 fino ai 6 m sul p.f., la base "BM130" per raggiungere l'altezza massima. Esiste poi il modulo prefabbricato "BT95" (base tampone), che si interpone tra una base portante e la successiva ed ha solo funzione di chiusura tra le due. Ciascun modulo ha una lunghezza nominale di 1.50 m.

14.13.2 BARRIERE VEGETALI

14.13.2.1 Duna antirumore

E' costituita da un terrapieno opportunamente stratificato e ricoperto di essenze erbacee e/o arboree, compatibilmente anche con quanto previsto dal DPR 11 luglio 1980, n. 753 ("Nuove norme in materia di polizia, sicurezza e regolarità dell'esercizio delle Ferrovie e di altri servizi di trasporto").

Tale tipologia è prevedibile solo in presenza di ampi spazi a lato dell'infrastruttura ferroviaria. Al fine di ridurre la fascia d'ingombro del terrapieno può essere previsto l'uso di geogriglie e similari per aumentare la capacità di autosostegno del manufatto.

L'opera deve essere eseguita nel rispetto delle specifiche prescrizioni riportate nel Manuale di Progettazione Corpo Stradale al paragrafo II.10 "Dune in Terra e Ritombamenti" (RFI DTC INC CS MA IFS 001 A del 21/11/2012), nel Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili – Sezione 5 – OPERE IN TERRA E SCAVI al paragrafo 5.5.5 "Dune, ritombamenti, colline artificiali." e Sezione 15 – Opere a Verde.

14.13.2.2 Muri vegetali

Sono manufatti artificiali costituiti da una struttura portante in cls, legno, materiali metallici, ecc. predisposti per contenere terreno e essenze vegetali.

Le specie vegetali debbono essere selezionate in base alle seguenti caratteristiche:

- patrimonio botanico locale;
- caratteristiche del terreno;
- condizioni bioclimatiche;
- tipologia del tracciato (sezione a raso, in rilevato, ecc.);
- contesto paesaggistico/antropico.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Le essenze vegetali devono, inoltre, essere individuate con l'obiettivo di garantire un rapido attecchimento, secondo le indicazioni e prescrizioni contenute nel Capitolato Generale sezione n. 15 OPERE A VERDE.

La realizzazione di muri vegetali deve essere eseguita nel rispetto delle prescrizioni riportate al capitolo 4 – "Opere di Sostegno"- paragrafo 4.5 "Prescrizioni particolari" della Specifica per la Progettazione Geotecnica delle Opere Civili ferroviarie (RFI DTC INC CS SP IFS 001 A del 21/12/2011) e nel Manuale di Progettazione Corpo Stradale al paragrafo II.5 "Opere di Sostegno" (RFI DTC INC CS MA IFS 001 A del 21/11/2012).

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumeriato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI

PARTE II - SEZIONE 15
OPERE A VERDE

15.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
15.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
15.3 DEFINIZIONI
15.4 ABBREVIAZIONI
15.5 PRESCRIZIONI GENERALI
15.6 TIPOLOGIE DI INTERVENTO
15.7 PROGRAMMAZIONE DELLE ATTIVITA'
15.8 QUALITA' DEI MATERIALI DA IMPIEGARE
15.9 TRASPORTO DEL MATERIALE VEGETALE E MANTENIMENTO PRIMA DELL'IMPIANTO
15.10 MODALITA' ESECUTIVE ATTIVITA' DI IMPIANTO
15.11 ULTIMAZIONE D'IMPIANTO E GARANZIA DI ATTECCHIMENTO
15.12 PIANO DI MANUTENZIONE POST-IMPIANTO E GARANZIE DI MANUTENZIONE
15.13 CONTROLLI SULL'ESECUZIONE DEI LAVORI

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/06/14	Emissione per applicazione	Valentina Ranucci	Cinzia Giangrande	Paola Firmi
				Vittorio Morelli	

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

INDICE

15.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE 4
15.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO 4
15.2.1 NORMATIVA NAZIONALE 4
15.2.2 NORMATIVA EUROPEA 6
15.2.3 DOCUMENTAZIONE TECNICA 6
15.3 DEFINIZIONI 7
15.4 ABBREVIAZIONI 9
15.5 PRESCRIZIONI GENERALI 10
15.6 TIPOLOGIE DI INTERVENTO 11
15.7 PROGRAMMAZIONE DELLE ATTIVITA' 13
15.7.1 REQUISITI MINIMI DELLA PROGETTAZIONE DELLE OPERE A VERDE 13
15.8 QUALITA' DEI MATERIALI DA IMPIEGARE 14
15.8.1 MATERIALE AGRARIO 15
15.8.1.1 Terra naturale 15
15.8.1.2 Terreno vegetale o agrario 15
15.8.1.3 Sabbia 16
15.8.1.4 Compost 16
15.8.1.5 Torba 16
15.8.1.6 Substrati di coltivazione 17
15.8.1.7 Concimi 17
15.8.1.8 Prodotti di pacciamatura 17
15.8.1.9 Fitofarmaci 17
15.8.1.10 Paletti di sostegno, ancoraggi, legature e protezioni del fusto 18
15.8.1.11 Materiale per drenaggi ed opere antierosione 18
15.8.1.12 Acqua 18
15.8.2 MATERIALE VIVAISTICO 18
15.8.2.1 Alberi 19
15.8.2.2 Arbusti 20
15.8.2.3 Piante tappezzanti 20
15.8.2.4 Piante rampicanti, sarmentose, ricadenti 20
15.8.2.5 Sementi 20
15.8.2.6 Zolle erbose 21
15.9 TRASPORTO DEL MATERALE VEGETALE E MANTENIMENTO PRIMA DELL'IMPIANTO 21
15.10 MODALITA' ESECUTIVE ATTIVITA' DI IMPIANTO 21
15.10.1 PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE ESISTENTE DURANTE LE ATTIVITA' DI CANTIERE 21
15.10.2 ACCANTONAMENTO DEL TERRENO VEGETALE FERTILE 22

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

15.10.3 PULIZIA GENERALE DELL'AREA DI INTERVENTO 22

15.10.4 LAVORAZIONI MECCANICHE DEL TERRENO 23
15.10.4.1 Lavori di rastrellatura 23
15.10.4.2 Lavori di vangatura 23
15.10.4.3 Lavori di aratura 24
15.10.4.4 Lavori di fresatura 24
15.10.4.5 Lavori di erpicatura 24
15.10.4.6 Lavori di sarchiatura 24

15.10.5 DRENAGGI LOCALIZZATI E IMPIANTI TECNICI 24

15.10.6 OPERAZIONI DI PREPARAZIONE AGRARIA DEL TERRENO 25

15.10.7 TRACCIAMENTI E PICCHETTATURE 25

15.10.8 PREPARAZIONE DELLE BUCHE 25

15.10.9 APPORTO DI TERRA DI COLTIVO 26

15.10.10 LIVELLAMENTO E SPIANAMENTO DEL TERRENO 26

15.10.11 MESSA A DIMORA DELLE PIANTAGIONI 26
15.10.11.1 Messa a dimora degli alberi e degli arbusti 27
15.10.11.2 Messa a dimora delle piante tappezzanti, rampicanti, sarmentose e ricadenti 27

15.10.12 SEMINA DEI PRATI 27

15.10.13 MESSA A DIMORA DELLE ZOLLE ERBOSE 28

15.10.14 PROTEZIONE DELLE PIANTE MESSE A DIMORA 29

15.11 ULTIMAZIONE D'IMPIANTO E GARANZIA DI ATTECCHIMENTO 29

15.12 PIANO DI MANUTENZIONE POST-IMPIANTO E GARANZIE DI MANUTENZIONE 30

15.12.1 MANUTENZIONE COMPONENTI VEGETALI 31
15.12.1.1 Sostituzione delle fallanze 31
15.12.1.2 Innaffiamento 32
15.12.1.3 Controlli e ripristini 32
15.12.1.4 Sfalcio, diserbi e sarchiature 33
15.12.1.5 Potatura e rimondatura 34

15.13 CONTROLLI SULL'ESECUZIONE DEI LAVORI 34

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

15.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Il presente Capitolato disciplina le condizioni e le modalità di esecuzione delle **Opere a Verde**, con lo scopo di:

- favorire la realizzazione di **interventi di qualità, in termini di risultato finale e di adattabilità all'ambiente delle specie vegetali;**
- **elevare lo standard qualitativo del materiale utilizzato** nelle sistemazioni ambientali;
- **preservare la vegetazione esistente**;
- fornire gli strumenti adeguati per **realizzare la sistemazione ambientale a perfetta regola d'arte** e per mantenerla in perfetto stato di funzionamento e conservazione.

Esso intende fornire gli strumento atti a garantire la qualità delle Opere a Verde attraverso:

- i **richiami normativi** inerenti l'esecuzione dell'appalto;
- la promozione del **coordinamento tra tutti i soggetti coinvolti** (Committente, Progettista, Direttore Lavori, Appaltatore);
- la formulazione di **indicazioni tecniche sulla qualità dei materiali** da impiegarsi per le sistemazioni ambientali e sullo svolgimento delle varie fasi operative;
- la descrizione dei **controlli sull'esecuzione** dei lavori e dei requisiti del **Piano di manutenzione post-impianto.**

Si applica alle Opere a Verde da realizzare:

- "***lungo linea***", ovvero lungo il corridoio adiacente alla linea ferroviaria;
- "***fuori linea***", ovvero in corrispondenza di aree puntuali, localizzate al di fuori del corridoio ferroviario (ad esempio, in prossimità delle stazioni ferroviarie o degli impianti di manutenzione, etc.).

15.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. In caso di discordanza tra la normativa citata a riferimento e la descrizione nel presente Capitolato Generale Tecnico di Appalto, ha la priorità quanto riportato per esteso nel presente Capitolato.

Si elencano di seguito la principale documentazione e normativa di riferimento.

15.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

Le sistemazioni ambientali sono regolamentate dalle seguenti norme:

- **Codice Civile:**
  - agli articoli 892 e seguenti stabilisce le distanze e le dimensioni massime che la vegetazione può raggiungere, in funzione della prossimità ai confini di proprietà.
- **D.L. 30 aprile 1992 n. 285 e s.m.i.** - Nuovo Codice della Strada:
  - all'articolo 29, stabilisce l'obbligo per i proprietari confinanti di mantenere le siepi e la vegetazione latistante le strade entro i confini stradali, nonché la loro responsabilità in caso di danneggiamenti;

  - all'articolo 31 estende la manutenzione obbligatoria e la responsabilità di danneggiamenti alle ripe confinanti con sedi stradali.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- **D.P.R. 16 dicembre 1992, n. 495 e s.m.i**. - Regolamento di esecuzione ed attuazione del Codice della strada:
  -agli articoli 26-27-28 stabilisce le fasce di rispetto per l'impianto di siepi vive e piantagioni rispetto al confine stradale.
- **D.P.R. 17 luglio 1980, n. 753** - Nuove norme in materia di polizia, sicurezza e regolarità dell'esercizio delle ferrovie e di altri servizi di trasporto:
  stabilisce le distanze e le dimensioni massime che la vegetazione può raggiungere in funzione della prossimità alle ferrovie.
- **Legge 22 maggio 1973, n. 269** - Disciplina della produzione e del commercio di sementi e piante da rimboschimento.
- **Legge 20 aprile 1976, n. 195**, recante modifiche e integrazioni alla legge 25 novembre 1971, n. 1096, sulla disciplina dell'attività sementiera.
- **D.Lgs. 19 maggio 2000, n. 151** - Attuazione della direttiva 98/56/CE relativa alla commercializzazione dei materiali di moltiplicazione delle piante ornamentali.
- **D.Lgs. 10 novembre 2003, n. 386** - Attuazione della direttiva 1999/105/CE. Ha abrogato la precedente normativa (Legge n. 269/73) ed ha introdotto nuove norme relative ai requisiti dei materiali forestali di base, alla licenza per la produzione, ai certificati di provenienza, alle modalità di movimentazione ed identificazione dei materiali di moltiplicazione, ai requisiti per la commercializzazione, al registro dei materiali di base, ai controlli.
- **D.Lgs 19 agosto 2005, n. 214 e s.m.i.** - Attuazione della Direttiva 2002/89/CE concernente le misure di protezione contro l'introduzione e la diffusione nella Comunità di organismi nocivi ai vegetali o ai prodotti vegetali.
- **D.Lgs del 3 aprile 2006 n. 152 e s.m.i.** - Norme in materia ambientale.
- **D.Lgs n. 81 del 2008 e s.m.i.:** Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro.
- **D.Lgs. 75 del 29 aprile 2010:** "Riordino e revisione della disciplina in materia di fertilizzanti a norma dell'articolo 13 della legge 7 luglio 2009, n. 88" che abroga e sostituisce il precedente D.Lgs. 217 del 29 04 2006.
- **D.L. 31 maggio 2010, n. 78:** "Misure urgenti in materia di stabilizzazione finanziaria e di competitività economica" convertito, con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122. Con tale decreto l'ENSE è stato soppresso e i compiti e le attribuzioni esercitati sono stati trasferiti all'INRAN.
- **D.Lgs. 25 giugno 2010, n. 124** - Attuazione della direttiva 2008/90 relativa alla commercializzazione dei materiali di moltiplicazione delle piante da frutto destinate alla produzione di frutti (refusione).
- **D.M. 27 settembre 2010** - Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica, in sostituzione di quelli contenuti nel decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio 3 agosto 2005.
- **D.L. 6 luglio 2012, n. 95** - "Disposizioni urgenti per la revisione della spesa pubblica con invarianza dei servizi ai cittadini". All'art. 12 ha disposto la chiusura immediata dell'INRAN, con il trasferimento al CRA delle funzioni e del personale relativo alla ricerca nel campo degli alimenti e della nutrizione ed il passaggio all'Ente Nazionale RISI delle competenze in materia di controllo e certificazione ufficiale delle sementi, acquisite a seguito della soppressione dell'ENSE.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- **D.M. 10 agosto 2012, n. 161** - Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo.
- **D.M. 5 febbraio 1998 e s.m.i.** - Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del D.Lgs 5 febbraio 1997, n.22.
- **D.L. 21 giugno 2013, n.69** - Disposizioni urgenti per il rilancio dell'economia.
- **LEGGE 9 agosto 2013, n. 98** - Conversione, con modificazioni, del D.L 69/2013.
- **D.L. 24 giugno 2014, n. 91** - "Disposizioni urgenti per il settore agricolo, la tutela ambientale e l'efficientamento energetico dell'edilizia scolastica e universitaria, il rilancio e lo sviluppo delle imprese, il contenimento dei costi gravanti sulle tariffe elettriche, nonché per la definizione immediata di adempimenti derivanti dalla normativa europea."- art.14 comma 8

15.2.2 NORMATIVA EUROPEA

- **Direttiva 98/56/CE** relativa alla commercializzazione dei materiali di moltiplicazione delle piante ornamentali;
- **Direttiva 1999/105/CE** relativa alla commercializzazione dei materiali forestali di moltiplicazione;
- **Direttiva 2002/89/CE** concernente le misure di protezione contro l'introduzione e la diffusione nella Comunità di organismi nocivi ai vegetali o ai prodotti vegetali;
- **Direttiva 2008/72/CE** del Consiglio relativa alla commercializzazione delle piantine di ortaggi e dei materiali di moltiplicazione di ortaggi, ad eccezione delle sementi;
- **Direttiva 2008/90/CE** del Consiglio relativa alla commercializzazione dei materiali di moltiplicazione delle piante da frutto e delle piante da frutto destinate alla produzione di frutti.

15.2.3 DOCUMENTAZIONE TECNICA

- **Capitolato Speciale d'Appalto tipo per lavori stradali** -Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti;
- **Linee guida per capitolati speciali per interventi di ingegneria naturalistica** – edizione 2006- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Ministero dell'Economia e delle Finanze;
- **Linee guida ISPRA** "Il trattamento dei suoli nei ripristini ambientali legati all'infrastruttura" del 2010;
- **Linee guida ISPRA** "Interventi di rivegetazione e Ingegneria Naturalistica nel settore delle infrastrutture di trasporto elettrico" del 2012;
- **Specifica per la Progettazione Geotecnica delle Opere Civili ferroviarie** (RFI DTC INC CS SP IFS 001 A del 21/12/2011);
- **Manuale di Progettazione Corpo Stradale** (RFI DTC INC CS MA IFS 001 A del 21/11/2012) – par. II.9 – Stabilizzazione dei pendii;
- **Capitolato Generale tecnico di appalto delle Opere Civili** – SEZIONE 5 – OPERE IN TERRA E SCAVI.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Il presente documento dovrà inoltre correlarsi con:

- il Progetto esecutivo;
- la Documentazione di gara;
- gli Strumenti urbanistici comunali (PSC, PUC, RUE ed analoghi) e i Piani Territoriali Sovraordinati (PB, PTR., PTPR, PTCP ed analoghi);
- la Carta dei vincoli territoriali e paesaggistici;
- la Normativa nazionale e regionale vigente in materia di tutela ed uso del territorio.

15.3 DEFINIZIONI

Nel testo sono utilizzati i seguenti termini:

Opere a Verde: interventi pubblici o di interesse pubblico che prevedono l'utilizzo di specie vegetali arboree, arbustive ed erbacee.

Opere di mitigazione: misure necessarie a ridurre al minimo, o addirittura a sopprimere, gli impatti negativi dovuti ad un'opera, sia essa già esistente o in fase progettuale, tali da assicurare il corretto inserimento paesaggistico ed ecosistemico nel sito.

Opere di compensazione: opere con valenza ambientale, non strettamente collegate con gli impatti indotti da progetto stesso, ma realizzate a parziale compensazione del danno prodotto, specie se non completamente mitigabile.

Sesto di impianto*:* in arboricoltura è la disposizione delle specie di impianto secondo linee geometriche, con indicazione delle relative interdistanze.

Generalmente è impostato con criteri geometrici, distribuendo le piante in allineamenti paralleli, detti file o filari, separati da fasce rettangolari dette interfile.

Gli scopi della distribuzione geometrica sono molteplici tra cui:

- rendere omogenea la distribuzione delle risorse in termini di illuminazione, elementi nutritivi e disponibilità idrica, allo scopo di ottimizzare il grado di sfruttamento delle risorse e il grado di competizione intraspecifica tra le piante (competizione tra individui della stessa specie);
- razionalizzare l'esecuzione delle operazioni colturali, con particolare riferimento a quelle eseguite meccanicamente;
- razionalizzare l'installazione di manufatti e impianti, come le strutture di sostegno e gli impianti d'irrigazione;
- adattare la piantagione a condizioni ambientali specifiche che possono causare danni economici o impatti sull'ambiente (disposizione rispetto ai venti dominanti, giacitura del terreno e suscettività all'erosione, esposizione rispetto ai punti cardinali);
- sfruttare eventuali consociazioni tra colture erbacee e arboree.

Irrigazione di soccorso: irrigazione che si fa ad un terreno quando si verificano condizioni climatiche non previste, tali da pregiudicare la resa della coltura in atto.

Scotico: operazione di asportazione del terreno vegetale più superficiale (in genere per una profondità di circa 20-30 cm).

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Alberi*:* piante legnose con un fusto perenne ben definito, che cioè, a pieno sviluppo, presentano un asse principale (fusto o tronco) prevalente sulla massa delle ramificazioni; i rami si sviluppano in alto sul tronco a formare una chioma o corona fogliosa, variamente conformata a seconda della specie.

Arbusti: piante legnose, di piccolo e medio sviluppo, ramificate per lo più sin dalla base, nelle quali cioè la massa dei rami predomina sull'asse principale.

Piante rampicanti*:* piante con fusto lungo, poco rigido, ramoso, incapaci di sostenersi da sole, munite di cirri, viticci, radici avventizie, ecc. con i quali si aggrappano ad altre piante o a sostegni adiacenti.

Piante tappezzanti: pratica alternativa al tappeto erboso in zone ristrette, in un angolo appartato o di forma irregolare; sono ottime per contenere le infestanti.

Potatura*:* gamma di interventi cesori, atti a modificare il modo naturale di vegetare e di fruttificare di una pianta, con una serie di obiettivi:

- dare alla pianta una forma idonea all'utilizzazione ottimale della luce (ma anche per facilitare le operazioni colturali);
- accelerazione dello sviluppo dei giovani alberi, per raggiungere al più presto lo scheletro definitivo e l'entrata in produzione;
- avere una migliore e più rapida produzione di frutti:
- raggiungimento di un equilibrio chioma/radici e fase vegetativa/fase riproduttiva, per una produzione alta, costante e di qualità;
- far adattare le piante alla fertilità agronomica;
- estendere il ciclo produttivo nelle piante senescenti.

La potatura è distinta in base allo scopo e alla stagione in cui viene eseguita. Quelle più utilizzate sono le seguenti:

- **potatura di allevamento o di formazione**, praticata con l'intento di dare alle giovani piante la forma ottimale per lo sfruttamento razionale dello spazio e della luce;
- **potatura di risanamento o di rimonda**, praticata per eliminare le parti di chioma disseccate, spezzate o attaccate da parassiti.

Colletto: zona di passaggio tra il fusto e la radice, a livello del terreno. È una zona specializzata, che consente di resistere alla pressione del terreno circostante ed è il punto fino al quale le piante devono essere interrate al momento del trapianto; se la pianta viene interrata meno, rischia di morire per esposizione delle radici, mentre, se viene interrata troppo, viene lesionato il fusto e possono insorgere patologie (es. marciume del colletto.

Scheletro: insieme degli elementi presenti nel suolo, con diametri superiori a 2 mm (frammenti grossolani).

Struttura: proprietà delle particelle elementari del suolo di riunirsi per formare unità strutturali più grandi dette "aggregati".

Terreno in tempera: terreno con il giusto grado di umidità, tale che si possa lavorare senza recare danno né al terreno né alle attrezzature usate.

Suola di lavorazione: strato impermeabile che si può formare nei terreni argillosi e medi in seguito all'aratura e alla fresatura.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

15.4 ABBREVIAZIONI

Nel testo sono utilizzate le seguenti abbreviazioni:

PB	Piano di Bacino
PSC	Piano Strutturale Comunale
RUE	Regolamento Urbanistico Edilizio
PUC	Piano Urbanistico Comunale
PTR	Piano Territoriale Regionale
PTPR	Piano Territoriale Paesaggistico Regionale
PTCP	Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale
DPR	Decreto Presidente della Repubblica
D.L.	Decreto Legge
DLgs	Decreto Legislativo
DM	Decreto Ministeriale
Dir	Direttiva
D.L.	Direttore dei Lavori
SISS	Società Italiana della Scienza e del Suolo
ENSE	Ente Nazionale delle Sementi Elette (Ente soppresso con il DL 31/05/2010, n.78. I relativi compiti ed attribuzioni vengono assorbiti dall'Istituto nazionale di ricerca per gli alimenti e la nutrizione - INRAN)
INRAN	Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione
CRA	Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura
IN	Ingegneria Naturalistica

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

15.5 PRESCRIZIONI GENERALI

Sarà onere dell'ESECUTORE, ma non limitatamente:

- realizzare opere rispondenti alle caratteristiche di progetto e alle specifiche tecniche applicabili e garantire la loro conformità al momento dell'ultimazione lavori;
- eseguire tutte le lavorazioni secondo le norme tecniche vigenti in materia di buona tecnica e manutenzione di aree a verde, rispettando le norme di sicurezza e prevenzione del rischio inerente le attività dei lavoratori (D.Lgs 81/08 e s.m.i.), nonché le norme di legge e i regolamenti emanati dagli Enti competenti in materia;
- provvedere, a sue spese, a tutte le opere provvisionali necessarie ad evitare possibili danni ai lavori ed alle proprietà adiacenti, nonché a garantire l'incolumità degli operai, restando in ogni caso unico responsabile delle conseguenze di ogni genere, che derivassero dall'insufficiente solidità ed, infine, dalla scarsa diligenza posta nel sorvegliare gli operai;
- procedere in modo da impedire scoscendimenti e franamenti del terreno, restando, oltre che totalmente responsabile di eventuali danni alle persone ed alle opere, obbligato anche a provvedere, a sua cura e spese, alla rimozione di eventuali materie franate;
- garantire la qualità dei materiali impiegati per le sistemazioni ambientali;
- rimuovere e accantonare gli strati fertili del suolo (terreno di scotico) destinati ad essere riutilizzati nella realizzazione delle Opere a Verde;
- approvvigionare l'acqua necessaria all'innaffiamento delle essenze per tutto il periodo di garanzia e manutenzione;
- nel corso dei lavori, preservare la vegetazione esistente da ogni danneggiamento ed eventualmente ripristinare le aree, gli impianti, le piantagioni ed i tappeti erbosi danneggiati, salvo i casi di vandalismo riconosciuti dalle parti;
- prima dell'avvio dei lavori, ripulire le aree di intervento da materiali fuori terra estranei;
- fornire i mezzi e la manodopera per caricare e trasportare i residui di lavorazione dal cantiere all'eventuale sito di smaltimento o su altre aree individuate d'intesa con la D.L.;
- ripulire i piani viabili e gli accessi ai lavori, eventualmente lasciati pieni di terra, detriti o altro;
- riconoscere e segnalare tempestivamente alle FERROVIE tutte quelle circostanze, riguardanti le aree a verde, che richiedono un intervento di manutenzione straordinaria;
- fornire una garanzia di attecchimento del 100% di tutte le piante;
- predisporre un'efficiente e razionale organizzazione, con mezzi adeguati e maestranze specializzate, e usare tutti gli accorgimenti tecnici e pratici, in funzione delle condizioni stagionali e ambientali, per mantenere in ottimo stato di funzionamento e di conservazione gli spazi verdi e le piantagioni durante tutto il periodo di manutenzione post-impianto e di garanzia dell'impianto stesso;
- effettuare controlli periodici, previsti dal piano di manutenzione post-impianto per verificare l'effettiva esecuzione delle manutenzioni programmate ed il grado di attecchimento delle piante;
- gestire i materiali di risulta e quelli da utilizzare per l'esecuzione delle lavorazioni oggetto del presente Capitolato nel rispetto dei principi generali di tutela ambientale, secondo quanto disciplinato sia dalla normativa ambientale vigente (D.Lgs. 152/06 e s.m.i., D.M. 161/2012, D.L. 69/2013, L.98/2013, D.M.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

05/02/98 e s.m.i., D.M. 27/09/2010, etc) che dai documenti specialistici di riferimento (progetto e documenti contrattuali).

L'opera non eseguita a regola d'arte e dichiarata inaccettabile dalle FERROVIE, a proprio giudizio insindacabile, dovrà essere rifatta o ripristinata, a cura e spese dell'ESECUTORE che è l'unico responsabile, civilmente e penalmente, di come vengano eseguite le sistemazioni ambientali e la relative manutenzioni. Tutti i danni derivanti da imperizia, negligenza o cattivo impiego di materiali non idonei, saranno a carico dell'ESECUTORE, che, quindi, sarà tenuto di sua iniziativa ad adottare tutti i provvedimenti atti ad evitare danni a persone o cose, incidenti o sinistri.

A tale riguardo e ad avvenuta consegna degli impianti la ditta aggiudicataria dovrà, entro un mese dalla data del verbale, redigere apposita relazione sullo stato delle aree a verde e gli interventi che si rendono necessari per il buon funzionamento e conservazione.

15.6 TIPOLOGIE DI INTERVENTO

Le Opere a Verde includono:

- **interventi di compensazione ambientale**, quali recuperi di aree degradate e ripristini ambientali;
- **interventi di mitigazione ambientale**, tra i quali in particolare gli **interventi di ingegneria naturalistica** di cui alle "*Linee guida per capitolati speciali per interventi di ingegneria naturalistica – edizione 2006. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Ministero dell'Economia e delle Finanze*", e di seguito elencati.

A - INTERVENTI DI SEMINA E RIVESTIMENTI

1. Semina a spaglio
2. Semina con fiorume
3. Semina a paglia e bitume
4. Idrosemina
5.a Idrosemina a spessore (passaggio unico)
5.b Idrosemina a spessore (due passaggi)
6. Semina a strato con terriccio
7. Semina con microfibre
8. Semina di piante legnose
9. Biotessile in juta (geojuta)
10. Biostuoia in paglia
11. Biostuoia in cocco
12. Biostuoia in cocco e paglia
13. Biostuoia in trucioli di legno
14. Biotessile in cocco (sin. Biorete di cocco)
15. Biotessile in agave
16. Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico
17. Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico bitumata in opera a freddo
18. Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico prebitumata industrialmente a caldo
19. Geocelle a nido d'ape in materiale sintetico
20. Rete metallica a doppia torsione
21. Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione galvanizzata e plastificata e biostuoie
22. Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione galvanizzata e geostuoia tridimensionale sintetica

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

23. Rivestimento vegetativo a materasso preconfezionato in rete metallica a doppia torsione galvanizzata e plastificata foderato con stuoie
24. Rivestimento vegetativo a materasso confezionato in opera in rete metallica a doppia torsione galvanizzata e plastificata foderato con biostuoie o geostuoia tridimensionale
25. Rivestimento vegetativo a tasche in rete galvanizzata e non tessuto o geostuoia
26. Rivestimento in griglia o rete metallica ancorata e geotessuto e terriccio

B. INTERVENTI STABILIZZANTI

27. Messa a dimora di talee
28. Piantagione di arbusti
29. Piantagione di alberi
30. Trapianto dal selvatico di zolle erbose
31. Trapianto dal selvatico di ecocelle
32. Tappeto erboso pronto
33. Trapianto di rizomi e di cespi
34. Copertura diffusa con ramaglia viva
35. Copertura diffusa con culmi di canna
36. Viminata viva
37. Viminata viva spondale
38. Fascinata viva su pendio
39. Fascinata viva drenante su pendio
40. Fascinata spondale viva di specie legnose
41. Fascinata sommersa
42. Fascinata spondale viva con culmi di canna
43. Cordonata viva
44. Cordonata orizzontale esterna viva con piloti
45. Gradonata viva
46. Graticciata di ramaglia
47. Fastelli di ramaglia a strati
48. Graticciata in rete zincata e stuoia
49. Ribalta viva
50. Palizzata viva
51. Palizzata con geotessile

C. INTERVENTI COMBINATI DI CONSOLIDAMENTO

52. Grata viva
53. Palificata spondale con palo verticale frontale
54. Palificata viva di sostegno
55. Palificata viva Roma
56. Sbarramento vivo
57. Pennello vivo
58. Traversa viva a pettine
59. Repellente di ramaglia a strati
60. Rullo spondale con zolle (pani) di canne
61. Rullo con ramaglia viva
62. Rullo spondale in fibra di cocco
63. Muro cellulare (alveolare) rinverdito

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

64. Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita
65. Materasso in rete metallica rinverdito
66. Terra rinforzata a paramento vegetato
67. Muro a secco rinverdito
68. Cuneo filtrante
69. Rampa a blocchi
70. Blocchi incatenati
71. Scogliera rinverdita
72. Briglia viva in legname e pietrame
73. Palizzata viva in putrelle e traverse
74. Barriera vegetativa antirumore in terrapieno compresso (sin. Biomuro).

Gli interventi dovranno essere eseguiti nel rispetto delle specifiche prescrizioni riportate nel Manuale di Progettazione Corpo Stradale (RFI DTC INC CS MA IFS 001 A del 21/11/2012) – par. II.9 – Stabilizzazione dei pendii; nella Specifica per la Progettazione Geotecnica delle Opere Civili ferroviarie (RFI DTC INC CS SP IFS 001 A del 21/12/2011); nel Capitolato Generale tecnico di appalto delle Opere Civili – SEZIONE 5 – OPERE IN TERRA E SCAVI.

15.7 PROGRAMMAZIONE DELLE ATTIVITA'

Per programmazione si intende la **messa a sistema di tutte le fasi** che riguardano:

- la progettazione delle Opere a Verde;
- la qualità dei materiali impiegati;
- l'esecuzione delle attività d'impianto;
- la manutenzione post-impianto;
- il controllo finale.

La programmazione delle attività offre una maggiore garanzia sulla buona riuscita e qualità finale delle opere. I vantaggi, per tutti i soggetti coinvolti a diverso titolo, sono:

- efficienza nei tempi di realizzazione;
- migliore organizzazione delle attività;
- miglior utilizzo delle risorse, in particolare di quelle destinate al materiale vegetale, evitando il risparmio sull'acquisto delle piante, a discapito dell'adattabilità e della qualità.

15.7.1 REQUISITI MINIMI DELLA PROGETTAZIONE DELLE OPERE A VERDE

Le Opere a Verde saranno progettate basandosi su una visione ecosistemica per la ricerca delle scelte progettuali e delle soluzioni tecniche più idonee alla salvaguardia del territorio, dell'ambiente e del paesaggio. In quest'ottica tutti gli interventi devono essere tesi a ristabilire il naturale assetto dell'ecosistema o comunque a favorire il ritorno, nei tempi più brevi possibile ed in funzione degli obiettivi prestabiliti, dell'equilibrio ambientale tipico dei luoghi.

La realizzazione delle Opere a Verde deve tenere conto dei seguenti aspetti:

- esistono fattori limitanti, legati alla crescita delle specie vegetali, che condizionano l'impiego delle diverse tecniche, a seconda del tipo di ambiente in cui si deve operare;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- è necessario operare una corretta scelta delle specie vegetali da impiegare; per garantire la riuscita degli interventi;
- è indispensabile rispettare scrupolosamente le corrette modalità ed epoche di semina e piantumazione delle specie prescelte;
- i risultati di attecchimento e consolidamento spesso non sono immediati ma richiedono un certo periodo di tempo per poter verificarne l'efficacia;
- queste opere richiedono in genere una regolare manutenzione, scaglionata nel tempo ed eseguita da personale qualificato.

Per i motivi sopracitati motivi nel **progetto** saranno indicati:

- **la descrizione tecnica dell'intervento** da realizzare e la sua **ubicazione**;
- l'elenco delle **specie da impiegare**, **la densità d'impianto** ed il **sesto di impianto**;
- **gli interventi colturali**, le **modalità di esecuzione dei lavori.**

In particolare, andranno specificate:

- **le caratteristiche stazionali, ovvero le caratteristiche agronomiche, pedologiche e meteo-climatiche, geomorfologiche, idrologiche**, anche con riferimento all'altezza della falda freatica, ed ogni intervento eventualmente necessario alla correzione chimico – fisica e strutturale del suolo di impianto, la bonifica o ripristino della fertilità;
- **il contesto paesaggistico,** con particolare riferimento agli aspetti visuali e morfologici, oltre che vegetazionali, dei siti di impianto;
- **la scelta delle specie e la tipologia di materiale vivaistico**, sulla base alle caratteristiche dell'impianto e della stazione;
- **la scelta del sesto di impianto e del modello colturale**, indicando in particolare la distanza delle piante tra le file e sulle file, il tipo di consociazione con specie arbustive ed erbacee;
- **l'epoca di impianto e la modalità della messa a dimora delle piante** ovvero la dimensione delle buche d'impianto, il periodo di impianto in relazione alle forme di coltivazione e confezionamento di consegna, le concimazioni localizzate, eventuale pacciamatura, eventuale uso di tutori e di protezioni individuali;
- **le modalità, le quantità e il periodo di irrigazione di soccorso per radicazione ed affrancamento**;

Parte integrante del progetto sarà il "**Piano delle manutenzioni**" che dovrà:

- avere una durata non inferiore a tre anni;
- individuare, per tutti gli interventi colturali, le modalità di attuazione dei lavori;
- definire, in dettaglio, le attività di manutenzione ordinaria, straordinaria e di gestione necessarie per l'affermazione e il mantenimento dell'impianto.

15.8 QUALITA' DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

L'ESECUTORE ha l'obbligo di fornire tutto il materiale (impiantistico, agrario e vegetale) occorrente per la realizzazione delle Opere a Verde, nelle quantità necessarie, e di effettuare l'accettazione di ogni lotto dei materiali (da effettuarsi prima dello scarico dei materiali stessi o contestualmente ad esso) dandone evidenza formale alla D.L.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Tutto il materiale, utilizzato per la sistemazione ambientale, dovrà essere della migliore qualità, senza difetti e, in ogni caso, conforme al presente Capitolato, al progetto e alla normativa vigente, nonché idoneo all'esecuzione a regola d'arte delle Opere a Verde.

Tutte le forniture dovranno essere accompagnate dalle certificazioni e dalle etichettature eventualmente previste dalla normativa nazionale e/o comunitaria; lo stesso dicasi per passaporti, certificati di provenienza, schede tecniche fornite dal produttore, prove sperimentali documentate e simili.

L'ESECUTORE ha l'obbligo di dimostrare la provenienza delle forniture con la necessaria documentazione esibendo, se richieste, bolle di accompagnamento e simili.

L'ESECUTORE dovrà disporre, a proprie spese, l'esecuzione di campionature, analisi e prove per il materiale ausiliario che comprendano:

- analisi pedologiche del suolo in sito e della terra agraria fornita,
- analisi dei concimi organici e minerali,
- eventuali analisi di carattere diagnostico sul materiale vegetale.

Tali analisi dovranno essere effettuate da laboratorio specializzato, secondo le metodologie di analisi ufficiali.

La qualità di tutti i materiali e le modalità di fornitura saranno verificate dalla D.L. e registrate su appositi verbali, che dovranno essere conservati dalla D.L. stessa tra la documentazione relativa alle Opere a Verde.

L'ESECUTORE dovrà sostituire eventuali partite non ritenute conformi dalla D.L., a sua cura e spese, con altre corrispondenti ai requisiti concordati.

Di seguito, si riportano le caratteristiche dei materiali da impiegarsi, nell'ottica di garantire la buona riuscita di tutte le opere previste in progetto.

15.8.1 MATERIALE AGRARIO

Per "materiale agrario" si intende tutto il materiale, usato in agricoltura, necessario alla messa a dimora, alla cura e alla manutenzione delle piante occorrenti per la sistemazione (terreni e substrati di coltivazione, concimi, fitofarmaci, tutori etc.).

15.8.1.1 Terra naturale

Si considera tale il terreno estratto da orizzonti sottostanti quelli ordinariamente interessati dalle lavorazioni colturali e, normalmente, esplorati dagli apparati radicali.

Per questo tipo di terra non sono richieste le caratteristiche fisico-chimiche biologiche previste per la terra agraria.

Questa terra deve trovare impiego solamente come materiale di riempimento su cui riportare il substrato adatto alla vita vegetale.

15.8.1.2 Terreno vegetale o agrario

Si considera terreno vegetale, adatto per lavori di ripristino e mitigazione, lo strato superficiale (30-40 cm) di ogni terreno di campagna, ossia quello spessore ove la presenza di humus e le caratteristiche fisico-microbiologiche del terreno permettono la normale vita dei vegetali.

In generale, il terreno vegetale da mettere in opera dovrà risultare a reazione chimicamente neutra, sufficientemente dotato di sostanza organica e di elementi nutritivi, di medio impasto; dovrà essere comunque

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

idoneo a garantire l'attecchimento e lo sviluppo di colture erbacee e/o arbustive e/o arboree. Prima del prelievo e della fornitura della terra, le Ferrovie si riservano il diritto di richiedere certificati di idoneità del materiale rilasciati da laboratori di chimica agraria riconosciuti, a seguito di analisi su campioni prelevati in contraddittorio.

Il terreno dovrà essere privo di pietre, di tronchi, di rami, di radici ed erbe infestanti, nonché di materiali di origine antropica che possono ostacolare e/o alterare le lavorazioni agronomiche del terreno dopo la messa in dimora; in ogni caso, dovrà essere idoneo a garantire l'attecchimento e lo sviluppo di colture erbacce e/o arbustive e/o arboree.

La terra di coltivo dovrà avere la massima purezza, cioè essere priva di agenti patogeni e di sostanze tossiche. La quantità di scheletro con diametro maggiore di mm. 2,0 non dovrà eccedere il 25% del volume totale.

L'ESECUTORE, prima di effettuare il riporto di terra vegetale, dovrà accertarne la qualità mediante analisi di laboratorio, e dovrà sottoporre all'approvazione della D.L. l'impiego di terra le cui analisi abbiano oltrepassato i valori agro-pedologici tipici.

Di regola, va utilizzato il terreno scoticato in fase di cantierizzazione al quale, pertanto, devono essere state applicate le corrette modalità di accantonamento, oggetto di specifico monitoraggio periodico. In particolare, si dovrà prevedere l'inerbimento del cumulo di terreno stoccato, che non dovrà essere frammisto a terreno sterile e non dovrà avere indicativamente altezza superiore a 3 m e larghezza superiore a 10 m per evitare che gli strati interni siano soggetti a fenomeni di fermentazione/asfissia.

Per quanto riguarda l'eventuale fabbisogno aggiuntivo di terreno vegetale o agrario, non soddisfatto da quello proveniente dagli scotichi, la D.L. si esprimerà in merito alla qualità del terreno vegetale fornito da terzi. **L'eventuale terreno vegetale o agrario acquistato deve possedere l'indicazione, verificabile, della provenienza.**

15.8.1.3 Sabbia

La sabbia deve avere un diametro delle particelle non superiore a 2,00 mm e non inferiore a 0,02 mm. Si parla di sabbia grossa quando il diametro delle particelle è compreso fra 2,0 e 0,20 mm mentre si parla si sabbia fine quando esso è compreso fra 0,20 e 0,02 mm. La sabbia dovrà essere ben pulita per mezzo di lavaggio, asciutta, vagliata, scevra da materiali estranei, proveniente da cava o da fiume. La sabbia deve essere silicea e, pertanto, la fornitura deve essere accompagnata da analisi chimico-fisica prodotta dal fornitore di provenienza. Il tenore in calcare attivo deve essere tendenzialmente uguale a zero.

15.8.1.4 Compost

Con questo termine si intende un prodotto organico che ha subito un processo di decomposizione aerobica stimolato ed accelerato dalla presenza di lombrichi e/o microflora, a partire da letame maturo e/o residui organici di varia natura.

Il prodotto ottenuto, all'atto dell'impiego, deve essere stabilizzato ed avere le seguenti caratteristiche, rispondenti ai requisiti della normativa vigente: **colore bruno omogeneo, struttura glomerulare ed assenza di sostanza organica indecomposta**.

15.8.1.5 Torba

Salvo altre specifiche richieste, per le esigenze dell'opera la torba dovrà essere della migliore qualità e del tipo **"biondo", acida, poco decomposta e confezionata in balle compresse e sigillate**.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

15.8.1.6 Substrati di coltivazione

Con "substrati di coltivazione" si intendono materiali di origine minerale e/o vegetale utilizzati singolarmente o miscelati, in proporzioni note, per impieghi particolari e per ottenere un ambiente di crescita adatto alle diverse specie che si vogliono mettere a dimora.

Le confezioni di substrati imballati dovranno riportare la composizione, il rapporto fra le diverse componenti, la quantità, la provenienza e la certificazione di legge. Per i substrati forniti sfusi l'ESECUTORE dovrà, comunque, certificare, sotto la propria responsabilità, la provenienza, la composizione, le proporzioni in cui si trovano le diverse componenti e le eventuali materie prime di derivazione.

In mancanza delle suddette indicazioni, l'ESECUTORE dovrà fornire, oltre ai dati indicati, i risultati delle analisi realizzate, a propria cura e spese, secondo i metodi normalizzati dalla SISS.

L'accettazione da parte della D.L., tuttavia, non esime l'ESECUTORE dalla sostituzione di quei materiali che dovessero ostacolare o alterare le lavorazioni agronomiche del terreno.

I substrati, una volta pronti per l'impiego, dovranno essere omogenei e i componenti distribuiti in proporzioni costanti all'interno della loro massa.

15.8.1.7 Concimi

I concimi minerali, semplici e complessi, usati per la concimazioni di fondo o in copertura, dovranno essere di marca nota sul mercato nazionale e avere titolo dichiarato e valutato di volta in volta in base alle caratteristiche agronomiche del terreno. In caso di concimi complessi, il rapporto azoto-fosforo-potassio deve essere precisato e conservato nella documentazione relativa alle Opere a Verde.

L'ESECUTORE dovrà verificare, scegliendoli di volta in volta in base alle analisi di laboratorio sul terreno e sui concimi e alle condizioni delle piante durante la messa a dimora e nel periodo di manutenzione, quale tipo di concime minerale deve essere usato.

I fertilizzanti organici (letame, residui organici vari, etc.) dovranno esser forniti o raccolti solo presso fornitori o luoghi autorizzati dalle Ferrovie che si riservano, comunque, la facoltà di richiedere le opportune analisi. Nel caso di fornitura i concimi dovranno essere consegnati negli involucri originali e sigillati della fabbrica.

15.8.1.8 Prodotti di pacciamatura

I materiali, destinati alla copertura del terreno per varie finalità operative, quali il controllo dell'evapotrospirazione, la limitazione della crescita di essenze infestanti, la protezione da sbalzi termici.

I prodotti di pacciamatura, confezionabili, dovranno essere forniti, in accordo con la D.L., nei contenitori originali con dichiarazione della quantità, del contenuto e dei componenti; per quelli sfusi, invece, la D.L. si riserva la facoltà di valutare, di volta in volta, la qualità e la provenienza.

15.8.1.9 Fitofarmaci

Tutti i fitofarmaci (es. anticrittogamici, insetticidi, diserbanti, antitraspiranti) dovranno essere rispondenti alle normative vigenti, emesse dal Ministero della Salute; essi dovranno essere forniti nei contenitori originali e sigillati dalla fabbrica, con l'indicazione della composizione, della classe di tossicità e delle altre informazioni a norma di legge.

Impiego, caratteristiche del prodotto, dosi e modalità di somministrazione verranno decisi di volta in volta in funzione del tipo e della gravità dell'attacco parassitario, dell'ubicazione della zona infestata, della presenza di colture agrarie, di allevamenti e di insediamenti abitativi. L'ESECUTORE dovrà, ogni volta che risulti possibile, utilizzare prodotti a basso impatto ambientale.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

15.8.1.10 Paletti di sostegno, ancoraggi, legature e protezioni del fusto

Per fissare al suolo gli alberi di rilevanti dimensioni, dovranno essere utilizzati paletti di sostegno (tutori) di diametro ed altezza adeguati.

I tutori dovranno essere preferibilmente in legno, diritti, scortecciati, e, se destinati ad essere infissi nel terreno, appuntiti dalla parte dell'estremità di maggiore diametro. La parte appuntita dovrà essere resa imputrescibile, per un'altezza di cm. 100 circa, mediante bruciatura superficiale o impregnamento in autoclave o per spennella mento con appositi prodotti, di cui sia ammesso l'utilizzo dalla normativa vigente.

Anche i picchetti di legno, per l'eventuale bloccaggio a terra dei tutori, dovranno avere analoghe caratteristiche di imputrescibilità.

I pali di sostegno potranno essere sostituiti con ancoraggi eseguiti con cavi di acciaio di adeguata sezione muniti di tendifilo, ove la D.L. disponga in tal senso e qualora si dovessero presentare problemi di natura particolare (mancanza di spazio, esigenze estetiche o altro). Le legature, per rendere solidali le piante ai pali di sostegno e agli ancoraggi, al fine di non provocare strozzature al tronco, dovranno essere realizzate per mezzo di collari speciali o di idoneo materiale elastico (cinture di gomma, nastri di plastica etc.) o, in subordine, con corda di canapa e mai con filo di ferro. Per evitare danni alla corteccia, è indispensabile interporre, fra tutore e tronco, un cuscinetto antifrizione di adatto materiale.

Per proteggere le specie dall'attacco di animali (lagomorfi essenzialmente) e dai decespugliatori, le specie arboree e arbustive di piccola dimensione, comprese le rampicanti, saranno protette con reti a maglia forata e rigida, ovvero da elementi (shelter) in materiale plastico stabilizzato di tipo tubolare, di altezza superiore a 80 cm, dotate di adeguato sistema di ancoraggio al terreno.

15.8.1.11 Materiale per drenaggi ed opere antierosione

Il materiale utilizzato per la realizzazione di sistemi drenanti (es. tubi impiegati per la costruzione di dreni, membrane impermeabilizzanti) e quello impiegato per la realizzazione di opere antierosione (biostuoie, geostuoie) dovranno corrispondere a quanto indicato in progetto o nel presente Capitolato.

I materiali forniti in confezione dovranno essere consegnati nei loro imballaggi originali, attestanti quantità e caratteristiche del contenuto (resistenza, composizione chimica, requisiti idraulici e fisici e quanto altro occorra per una migliore identificazione dei materiali stessi). La D.L.si riserva, in ogni caso, la facoltà di rifiutare, a suo insindacabile giudizio, tutti quei materiali ritenuti non rispondenti ai requisiti di progetto e non idonei ai lavori da eseguire.

Per i prodotti non confezionati, invece, la D.L. ne verificherà di volta in volta la qualità e la provenienza.

15.8.1.12 Acqua

L'acqua da utilizzare per l'innaffiamento non dovrà contenere sostanze inquinanti e sali nocivi oltre i limiti di tolleranza di fitotossicità.

L'ESECUTORE sarà tenuto, su richiesta della D.L., a verificare periodicamente, per mezzo di analisi effettuate secondo le procedure normalizzate, la qualità dell'acqua da utilizzare ed a segnalare le eventuali alterazioni riscontrate.

15.8.2 MATERIALE VIVAISTICO

Per "materiale vivaistico" si intendono gli alberi, gli arbusti, le piante tappezzanti e rampicanti, le sementi e le zolle erbose.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Il materiale vivaistico dovrà essere certificato in base alla normativa forestale vigente (D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 214 e s.m.i.).

Il materiale vivaistico dovrà provenire da areale analogo a quello di impianto, con parametri climatico-meteorologici simili a quelli del comprensorio di destinazione, al fine di massimizzare le probabilità di attecchimento, minimizzare l'introduzione di fitopatologie e di ridurre il rischio di ibridazione con specie autoctone.

Dovrà provenire da uno o più vivai indicati dall'ESECUTORE ed accettati dalle FERROVIE che si riservano la facoltà di effettuare visite per scegliere le piante di migliore aspetto e portamento e di scartare quelle ritenute inadatte ai lavori. Le piante fornite dovranno esser esenti da malattie, attacchi parassitari (in corso o passati) e deformazioni nonché corrispondere per genere, specie, cultivar e dimensioni a quanto prescritto negli elaborati di progetto; dovranno inoltre esser etichettate con cartellini in materiale plastico ove sia riportato in modo leggibile ed indelebile il nome botanico (genere, specie e varietà).

La D.L. si riserva, comunque, la facoltà di effettuare visite ai vivai di provenienza delle piante, allo scopo **di verificare la qualità dei materiali da fornirsi** e scartare quelle non conformi ai requisiti fisiologici e fitosanitari che garantiscono la buona riuscita dell'impianto, o quelle che non ritenga adatte alla sistemazione da realizzare.

L' ESECUTORE dovrà far pervenire alla D.L, con almeno 48 ore di anticipo, una comunicazione scritta della data in cui le piante verranno consegnate in cantiere.

15.8.2.1 Alberi

Gli esemplari arborei sviluppati (pronto effetto) forniti dovranno:

- presentare una circonferenza (misurata ad un metro dal colletto) almeno pari a 12 cm;
- presentare **portamento e dimensioni rispondenti alle caratteristiche richieste e tipici della specie, della varietà e dell' età al momento della messa a dimora**;
- avere la **parte aerea a portamento e forma regolare**, simile agli esemplari cresciuti spontaneamente, a sviluppo robusto, non filato e che non dimostri una crescita troppo rapida per eccessiva densità di coltivazione in vivaio, in terreno troppo irrigato o concimato;
- essere **esenti da attacchi d'insetti, malattie crittogamiche, virus, altri patogeni e alterazioni di qualsiasi natura** che possano compromettere il regolare sviluppo e il portamento tipico della specie;
- **essere forniti in zolla, vaso o altro sistema analogo di contenimento e trasporto adeguato alle dimensioni della pianta**. La terra dovrà essere compatta, di buona qualità e consistenza, ben aderente alle radici, senza crepe evidenti, con struttura e tessitura tali da non creare condizioni di asfissia. Le zolle dovranno essere ben imballate, con apposito involucro degradabile (juta, paglia, teli), rinforzato per le piante che raggiungono i 5 metri di altezza (in generale di grandi dimensioni), con rete metallica degradabile, oppure con pellicola plastica porosa o altri materiali equivalenti;
- **essere avvolte al colletto con fascia di gomma** di altezza 5 cm, estendibile, quale protezione dagli urti meccanici e dall'azione dei decespugliatori;
- essere di **provenienza certa e documentabile**;
- essere **etichettati** singolarmente o per gruppi omogenei per mezzo di cartellini di materiale resistente alle intemperie sui quali sia stata riportata, in modo leggibile ed indelebile, la denominazione botanica (genere, specie, varietà cultivar) del gruppo a cui si riferiscono.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Nel caso di coltivazione in vivaio delle piante, questo deve avere compreso un minimo di due trapianti per ogni individuo, l'ultimo dei quali deve essere stato eseguito non più di due anni prima.

Il fusto e le branche principali dovranno essere esenti da deformazioni, capitozzature, ferite di qualsiasi origine e tipo, **grosse cicatrici o segni conseguenti ad urti, grandine, scortecciamenti, legature, ustioni da sole, lesioni meccaniche in genere**; **la chioma** dovrà essere **ben ramificata**, uniforme ed equilibrata per simmetria e distribuzione delle branche principali e secondarie all'interno della stessa;

L'apparato radicale dovrà essere proporzionato allo sviluppo aereo della piantina, privo di marciume, in buono stato di conservazione, ricco di piccole ramificazioni e di radici capillari sane.

Gli esemplari arborei di piccole dimensioni (indicativamente h = 60 ÷ 80 cm) dovranno essere di età non inferiore ai due anni e forniti in contenitore.

15.8.2.2 Arbusti

Gli arbusti devono essere con chioma equilibrata e uniforme con almeno tre ramificazioni aeree, a portamento non filato e con un apparato radicale ricco di piccole ramificazioni e di radici capillari sane, racchiuso in contenitori o in zolle.

Gli esemplari arbustivi di piccole dimensioni (indicativamente h = 40 ÷ 80 cm) dovranno essere di età non inferiore ai due anni e forniti in contenitore.

15.8.2.3 Piante tappezzanti

Le piante tappezzanti dovranno avere **portamento basso e/o strisciante** e buona capacità di copertura, garantita da ramificazioni uniformi.

Dovranno essere sempre fornite in contenitore con le radici pienamente compenetrate nel substrato di coltura, senza fuoriuscire dal contenitore stesso.

15.8.2.4 Piante rampicanti, sarmentose, ricadenti

Le piante appartenenti a queste categorie dovranno avere almeno due getti robusti, essere dell'altezza richiesta (dal colletto all'apice vegetativo più lungo) ed essere fornite in zolla o in contenitore, secondo quanto prescritto precedentemente.

15.8.2.5 Sementi

L'ESECUTORE dovrà fornire sementi di ottima qualità e rispondenti perfettamente a genere, specie e varietà richiesti, nelle confezioni originali sigillate, munite di certificato di identità ed autenticità con l'indicazione del grado di purezza, di germinabilità e della data di scadenza stabilita dalle leggi vigenti.

Non sono ammesse partite di seme con valore reale di peso inferiore al 20% rispetto a quello dichiarato, nel qual caso l'ESECUTORE dovrà sostituirle con altre che rispondano ai requisiti richiesti. La mescolanza delle sementi di specie diverse, secondo le esigenze progettuali, qualora non disponibile in commercio, va effettuata alla presenza delle FERROVIE.

Per evitare che possano alterarsi o deteriorarsi, le sementi devono essere immagazzinate in locali freschi, ben aerati e privi di umidità.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

15.8.2.6 Zolle erbose

Le zolle erbose, provenienti da luoghi approvati dalle FERROVIE e costituite dalle specie richieste, dovranno presentarsi a cotica continua e prive di erbe infestanti. Saranno fornite, a seconda delle esigenze, in strisce di 1-1,5 m di lunghezza o in zolle rettangolari o quadrate o comunque dallo spessore di 2-4 cm.

Le zolle erbose non vanno lasciate accatastate o arrotolate per più di 24 ore dalla consegna, nel qual caso vanno aperte, poste all'ombra e mantenute umide.

15.9 TRASPORTO DEL MATERALE VEGETALE E MANTENIMENTO PRIMA DELL'IMPIANTO

Per quanto riguarda il **trasporto del materiale vivaistico fino al luogo dell'impianto,** dovranno essere prese tutte le precauzioni necessarie a **garantire la vitalità, la forma e la qualità sanitaria delle piante**, effettuandone il trasferimento con autocarri o vagoni coperti da teloni e dislocandole in modo tale che rami e corteccia non subiscano danni e le zolle non abbiano a frantumarsi a causa dei sobbalzi o per il peso delle piante sovrastanti. Il **tempo intercorrente tra il prelievo in vivaio e la messa a dimora definitiva** (o la sistemazione in vivaio provvisorio) dovrà essere il **più breve possibile.**

La D.L. dovrà, al momento del ritiro del materiale dal vivaio, verificare la qualità del materiale e verbalizzarne l'accettazione.

In particolare, l'ESECUTORE curerà che le zolle e le radici delle piante, che non possono essere messe immediatamente a dimora, non subiscano deterioramenti e mantengano il tenore di umidità adeguato alla loro buona conservazione.

15.10 MODALITA' ESECUTIVE ATTIVITA' DI IMPIANTO

L'ESECUTORE ha l'obbligo di eseguire correttamente i lavori preparatori, i lavori di impianto del materiale vegetale e di semina, secondo quanto previsto dal progetto e/o dal presente Capitolato e, comunque, secondo le buone pratiche e la regola d'arte, dandone evidenza formale alla D.L. per tutte le tipologie di Opere a Verde.

15.10.1 PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE ESISTENTE DURANTE LE ATTIVITA' DI CANTIERE

In corso d'opera, **tutta la vegetazione esistente, destinata a rimanere in loco secondo il progetto, e quella, eventualmente** individuata dalla D.L., **dovranno essere preservate da ogni danneggiamento con recinzioni e barriere**, provvisorie ma solide.

Pertanto, l'ESECUTORE dovrà usare la massima cautela nell'eseguire le prescrizioni di progetto o del presente Capitolato e della D.L. ogni volta che si troverà a operare nei pressi delle piante esistenti.

Le lavorazioni del terreno sono vietate nelle adiacenze delle alberature per una distanza pari alla proiezione della chioma nel terreno e con distanza minima dal tronco pari a 3 m.

Analogamente è **vietato l'accumulo di terreno, inerti o altri materiali nelle adiacenze di alberature**.

A) Protezione del tronco

L'ESECUTORE, ove indicato in progetto o su richiesta della D.L., è tenuto a **proteggere il tronco con una rete** di materiale plastico a maglia forata e rigida (shelter), che garantisca il passaggio dell'aria, evitando, così, la formazione di un ambiente troppo caldo e umido particolarmente favorevole all'instaurarsi di organismi patogeni.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

B) Protezione delle radici

La **posa di tubazioni** dovrà avvenire **al di fuori della proiezione della chioma dell'albero sul terreno**; tranne per le specie la cui chioma abbia uno sviluppo fuori dal normale portamento, a causa di una consistente potatura di contenimento, o per le piante con portamento ascendente, dove l'area di rispetto avrà un raggio minimo di 4 metri, misurati alla base del tronco. Qualora ciò non sia possibile, i lavori di scavo nell'area di rispetto dovranno essere eseguiti a mano.

Le radici asportate dovranno presentare un taglio netto, facendo attenzione a **tagliare solamente le radici con diametro inferiore ai 3 cm**, altrimenti l'attraversamento dovrà passare al di sotto di esse.

Lo scavo dovrà rimanere aperto il minor tempo possibile e, comunque, per un tempo non superiore ad una settimana. Ove ciò non sia possibile, occorrerà coprire le radici affioranti con juta e bagnarle periodicamente a seconda dell'andamento stagionale.

C) Protezione del suolo

Le operazioni di cantiere non devono peggiorare le condizioni strutturali, chimiche e biochimiche del terreno interessato dagli apparati radicali delle specie vegetali.

E' vietato depositare, nell'area di rispetto (corrispondente alla proiezione della chioma dell'albero sul terreno), materiali di cantiere, quali inerti, prefabbricati, materiali da costruzione, macchinari, gru, al fine di evitare costipamenti del terreno; è altresì fatto divieto versare acqua di lavaggio dei pavimenti e dei macchinari, in particolare le acque contenenti polveri di cemento, oli, petrolio e suoi derivati, vernici, solventi, liquidi impermeabilizzanti e quanto altro possa nuocere o risultare fitotossico per gli apparati radicali.

15.10.2 ACCANTONAMENTO DEL TERRENO VEGETALE FERTILE

Prima dell'allestimento del cantiere, dovrà essere accantonato e conservato il terreno di scotico presente sull'area di intervento (i primi 30-40 cm corrispondenti allo strato fertile).

E' importante porre in atto alcune tecniche agronomiche di conservazione dello strato fertile del suolo, al fine di preservarne le caratteristiche chimico-fisiche e biologiche, **per poterlo poi riutilizzare** al termine dell'attività del cantiere **come substrato per gli interventi di ripristino finale**. In tal modo, si eviterà l'onere economico ed ambientale di procurarsi terreno vegetale proveniente da altri siti.

In particolare, i cumuli di terreno vegetale dovranno essere inerbiti a mezzo di idrosemina, che potrà, ad esempio, essere effettuata utilizzando un miscuglio di leguminose a base di trifoglio (Trifoliumspp.), al fine di evitare fenomeni erosivi che comporterebbero il dilavamento della sostanza organica, e non dovranno essere miscelati con terreno sterile. I cumuli dovranno avere dimensioni contenute (altezza massima pari a 3 m e larghezza massima di 10 m, misurata al piede).

I luoghi e le modalità attuative di tale operazione saranno definite d'intesa con la D.L.

15.10.3 PULIZIA GENERALE DELL'AREA DI INTERVENTO

Qualora nell'area oggetto della sistemazione, all'atto della consegna, siano presenti alberi, arbusti infestanti o in cattivo stato fitosanitario, pietre e/o **eventuali ostacoli, che possono impedire la lavorazione agronomica del terreno, questi materiali dovranno essere rimossi e trasportati in discarica o spostati in luogo idoneo, secondo le modalità definite d'intesa con la D.L.** e, comunque, posti in condizioni di non costituire pericolo futuro e intralcio alle successive operazioni.

Se le dimensioni delle piante sono tali da far ritenere che i rispettivi apparati radicali possano essere portati in superficie con le successive lavorazioni di aratura, sarà sufficiente procedere al loro taglio al colletto; in caso contrario, l'ESECUTORE dovrà procedere all'estirpazione, avendo cura di asportare completamente la ceppaia.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Le buche, derivanti da questa operazione, dovranno essere richiuse. Tutto il materiale di risulta dell'opera di decespugliamento deve essere conferito agli impianti autorizzati secondo la normativa vigente.

Nel caso di esemplari che siano dichiarati particolarmente importanti per le loro caratteristiche ecologiche, di età, di dimensioni, ecc., questi dovranno essere salvaguardati. Dovranno essere segnalati con apposite indicazioni e saranno rivestiti, in corrispondenza del fusto, con idonee protezioni imbottite e colorate in modo evidente. Nel caso in cui gli scavi possano in qualsiasi modo danneggiare gli apparati radicali, sempre nell'ipotesi di un'attenta valutazione dell'importanza del mantenimento di tali alberi esemplari, si dovrà procedere con opportune protezioni degli apparati radicali, costituite da paratie in legno, posate nel terreno attorno agli apparati radicali precedentemente preparati con recisioni nette.

15.10.4 LAVORAZIONI MECCANICHE DEL TERRENO

L'ESECUTORE dovrà procedere alla lavorazione del terreno fino alla profondità necessaria, preferibilmente eseguita con l'impiego di mezzi meccanici ed attrezzi specifici a seconda della lavorazione prevista dagli elaborati di progetto.

Le lavorazioni saranno eseguite nei periodi idonei, con il terreno "in tempera", evitando di danneggiarne la struttura e di formare "suole di lavorazione".

Nel corso di questa operazione l'ESECUTORE dovrà rimuovere gli eventuali ostacoli sotterranei che potrebbero impedire la corretta esecuzione dei lavori.

Nel caso si dovesse imbattere in ostacoli naturali di rilevanti dimensioni che presentino difficoltà ad essere rimossi, oppure manufatti sotterranei di qualsiasi natura di cui si ignori l'esistenza (es. cavi, fognature, tubature, reperti archeologici, ecc.), **l'ESECUTORE dovrà interrompere i lavori e chiedere istruzioni specifiche alla D.L.**

Ogni danno, conseguente alla mancata osservanza di quanto su indicato, dovrà essere riparato o risarcito a cura e spese dell'ESECUTORE.

Al fine di ridurre la compattazione del terreno, occorre ricorrere a mezzi movimento terra di medie dimensioni con ruote gommate e pneumatici a largo profilo e bassa pressione.

15.10.4.1 Lavori di rastrellatura

Il lavoro di rastrellatura si esegue con rastrello o con il rastrellone, a seconda delle dimensioni dei materiali che si devono rastrellare e la finitura del lavoro che si vuole ottenere. Quando si parla di rastrellatura si intende il lavoro che si fa con il rastrello normale, con il quale **si asportano dal terreno i materiali grossolani, le piante infestanti, le loro radici e ogni altro materiale inadatto alla vegetazione.** Con la rastrellatura si dà, inoltre, alla superficie del terreno, la voluta pendenza e baulatura, regolarizzandone la superficie in preparazione della semina. **A lavoro ultimato, la superficie del terreno dovrà risultare regolare senza buche, avvallamenti o groppe.**

15.10.4.2 Lavori di vangatura

Nel caso di superfici di limitata estensione si può ricorrere alla vangatura del terreno che dovrà essere eseguita avendo cura di eliminare sassi, erbe infestanti con le loro radici e materiali che possano impedire la corretta esecuzione dei lavori.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

15.10.4.3 Lavori di aratura

Per aratura si intende il lavoro eseguito dall'aratro. Il mezzo trainante dovrà essere adatto al lavoro da compiere e non dovrà essere troppo pesante, al fine di evitare probabili danneggiamenti lungo viali ed i piazzali attraverso ai quali dovrà transitare.

Durante gli spostamenti, i cingoli e le ruote in ferro, dovranno essere ricoperti con battistrada di gomma. Saranno preferiti i trattori con due ruote munite di pneumatici. La profondità della lavorazione può variare, a seconda della necessità, da cm 50 a cm 100. **Le fette dovranno essere rovesciate con successione regolare** senza lasciare intervallate, sia pure minime, strisce di terreno sodo.

Le macchine non dovranno danneggiare le testate degli appezzamenti, le recinzioni, le piante arboree ed arbustive, gli impianti di irrigazione e quant'altro possa insistere sull'appezzamento in lavorazione. Laddove si dovesse sospendere l'impiego della macchina, la lavorazione dovrà essere completata a mano, con la vanga. Il verso da seguire nella lavorazione sarà stabilito dalla D.L.

15.10.4.4 Lavori di fresatura

Il lavoro si effettua, generalmente, con motocoltivatore munito della fresa, quale corpo lavorante.

In base alla potenza del motore varia la profondità della lavorazione che va da 5 cm per le piccole fresatrici, ai 20 cm per i trattori. Le buone regole agronomiche richiedono che il **terreno** sia **sminuzzato** e reso soffice in profondità per poi essere **coperto da zollette in superficie**, **onde assicurare una buona penetrazione dell'acqua nel terreno ed ostacolare la formazione della crosta. S**i ricorre sovente alla fresatura sia per preparare il terreno alle semine che per sostituire il lavoro di sarchiatura.

15.10.4.5 Lavori di erpicatura

Tale lavoro è successivo all'aratura e consiste nel **rompere le zolle, estirpare le erbacce e spianare il terreno.** Fra i vari tipi di erpici, il miglior lavoro è fornito da un erpice a denti piuttosto lunghi e ricurvi in avanti, allo scopo di raggiungere una maggiore profondità di lavorazione. Occorrerà ripetere l'erpicatura fino al completo sminuzzamento ed estrazione completa delle erbacce e alla raggiunta idoneità della superficie.

15.10.4.6 Lavori di sarchiatura

Il lavoro di sarchiatura ha lo scopo di estirpare le erbacce e di rompere la crosta del terreno per eliminare la capacità superficiale che disperde nell'aria la provvista idrica del terreno. Tale lavoro può essere eseguito con la zappa o con la sarchiatrice.

15.10.5 DRENAGGI LOCALIZZATI E IMPIANTI TECNICI

Successivamente ai movimenti di terra e alle lavorazioni del terreno, **l'ESECUTORE dovrà predisporre**, sulla scorta degli elaborati di progetto e delle indicazioni della D.L., gli **scavi, necessari alla installazione degli eventuali sistemi di drenaggio, e le trincee per alloggiare le tubazioni ed i cavi degli impianti tecnici** (es. irrigazione, illuminazione, ecc.) le cui linee debbano seguire percorsi sotterranei.

Le canalizzazioni degli impianti tecnici, al fine di consentire la regolare manutenzione della sistemazione, dovranno essere installate ad una profondità che garantisca uno spessore minimo di ricoprimento pari a 40 cm. di terreno e, per agevolare gli eventuali futuri interventi di riparazione, essere convenientemente protette e segnalate.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

15.10.6 OPERAZIONI DI PREPARAZIONE AGRARIA DEL TERRENO

In occasione delle lavorazioni di preparazione del terreno, di cui ai precedenti paragrafi, e prima della messa a dimora delle piante, l'ESECUTORE, d'intesa con la D.L., dovrà incorporare nel terreno tutte le sostanze eventualmente necessarie ad ottenere la **correzione, l'ammendamento e la concimazione di fondo**, nonché **somministrare gli eventuali fitofarmaci e/o diserbanti**.

La composizione e la proporzioni della concimazione di fondo, da effettuarsi con la somministrazione di idonei concimi minerali e/o organici, saranno individuati in base alle analisi chimiche del terreno effettuate a cura e spese dell'ESECUTORE. Oltre alla concimazione di fondo, l'ESECUTORE dovrà effettuare anche le opportune concimazioni in copertura con concimi complessi.

I trattamenti con fitofarmaci dovranno essere tempestivi ed eseguiti da personale specializzato che dovrà attenersi, per il loro uso, alle istruzioni specificate dalla casa produttrice ed alle leggi vigenti in materia ed usare ogni possibile misura preventiva atta ad evitare danni alle persone e alle cose.

15.10.7 TRACCIAMENTI E PICCHETTATURE

Prima della messa a dimora delle piante e dopo le operazioni di preparazione agraria del terreno, l'ESECUTORE, sulla scorta degli elaborati di progetto e delle indicazioni della D.L., predisporrà la **picchettatura delle aree di impianto**, rispettando le distanze di interasse tra le singole piante, **mediante tondini metallici** con diametro di 12 cm. ed altezza di 150 cm., segnando la posizione **nella quale dovranno essere eseguite le piantagioni singole** (alberi, arbusti, altre piante segnalate in progetto etc.) **e tracciando sul terreno il perimetro delle piantagioni omogenee** (tappezzanti, macchie arbustive, boschetti, ecc.).

Prima di procedere alle operazioni successive, l'ESECUTORE dovrà ottenere il benestare della D.L.

A piantagione eseguita, l'ESECUTORE, nel caso siano state apportate varianti al progetto esecutivo, dovrà consegnare una copia degli elaborati relativi opportunamente aggiornati, ovvero con l'indicazione della posizione definitiva delle piante e dei gruppi omogenei messi a dimora.

15.10.8 PREPARAZIONE DELLE BUCHE

Le **buche o fosse** saranno predisposte prima dell'arrivo delle essenze vegetali con dimensioni più ampie possibili in rapporto a quelle delle piante, con larghezza e profondità pari almeno a due volte e mezzo il diametro della zolla e, comunque, non inferiori a 1,00 x 1,00 x 1,00 m per alberi ed arbusti (pronto effetto)e a 0,50 x 0,50 x 0,50 m per alberi ed arbusti di piccole dimensioni.

Durante la preparazione delle buche, l'ESECUTORE dovrà assicurarsi che non ci siano ristagni d'umidità nelle zone in cui le piante svilupperanno le radici; nel qual caso, dovrà prevedere idonee opere idrauliche (scoli, drenaggi). Qualora lo strato di terreno al fondo delle buche si presenti eccessivamente compatto, formando una suola impermeabile, si dovrà provvedere alla "rottura" della stessa ed intervenire con tutti gli accorgimenti necessari, affinché lo scolo delle acque superficiali avvenga in modo corretto.

Se necessario, le pareti ed il fondo delle buche o fosse verranno opportunamente spicconate affinché le radici possano penetrare in un ambiente sufficientemente morbido ed aerato.

Di regola, le buche e le fosse dovranno essere aperte manualmente o meccanicamente e non dovranno restare aperte per un periodo superiore ad otto giorni. Durante l'esecuzione degli scavi andrà posta la massima attenzione all'eventuale presenza di cavi e tubazioni sotterranee.

Per le buche ed i fossi che dovranno essere realizzati su un eventuale preesistente tappeto erboso, l'ESECUTORE è tenuto ad adottare tutti gli accorgimenti necessari per contenere al minimo i danni al prato

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

circostante, recuperando lo strato superficiale di terreno per il riempimento delle buche stesse, in accordo con la D.L.

15.10.9 APPORTO DI TERRA DI COLTIVO

Prima di effettuare qualsiasi impianto o semina, l'ESECUTORE, in accordo con la D.L., dovrà verificare che il terreno in sito sia adatto alla piantagione; in caso contrario, dovrà **apportare terra di coltivo in quantità sufficiente a formare uno strato di spessore adeguato, concordato preventivamente con la D.L., per i prati ed a riempire totalmente le buche ed i fossi per gli alberi e gli arbusti**, curando che vengano frantumate tutte le zolle e gli ammassi di terra.

La terra di coltivo, rimossa ed accantonata nelle fasi iniziali degli scavi, sarà utilizzata, d'intesa con la D.L., insieme a quella apportata.

Le quote definitive del terreno dovranno essere quelle indicate negli elaborati di progetto e dovranno, comunque, essere approvate dalla D.L.

15.10.10 LIVELLAMENTO E SPIANAMENTO DEL TERRENO

Dopo aver eseguito le operazioni di pulizia delle terre, le lavorazioni preliminari e gli eventuali movimenti ed apporti di terra, l'ESECUTORE, a sua cura e spese, dovrà eseguire un lavoro di livellamento e spianamento del terreno, che consiste nell'**eliminazione degli avvallamenti e di ogni asperità, con asporto totale di tutti i materiali risultanti in eccedenza e di quelli di rifiuto, anche preesistenti**. L'ESECUTORE deve provvedere, altresì, a reperire i luoghi di scarico, comunicandoli alla D.L.

Il lavoro dovrà essere eseguito a mano o con mezzi meccanici, a seconda della situazione dei luoghi, e, in ogni caso, curando che vengano assolutamente protette le piante e il loro apparato radicale. Al termine del lavoro, la superficie dovrà risultare perfettamente livellata in relazione alle quote fissate in progetto o d'intesa con la D.L.

15.10.11 MESSA A DIMORA DELLE PIANTAGIONI

L'impianto vegetazionale dovrà essere realizzato nel periodo di riposo vegetativo, quando le condizioni stazionali lo permettano.

Prima della messa a dimora delle piante, la buca sarà riempita parzialmente da terreno vegetale e da un adeguato quantitativo di concime, che dovrà essere mescolato con il terreno, al fine di evitare un contatto diretto del concime con gli apparati radicali o le zolle.

La buca così parzialmente riempita dovrà avere ancora spazio sufficiente per la zolla o le radici della pianta, tenendo conto dell'assestamento della terra vegetale riportata. Le piante andranno poste a dimora prestando attenzione a non lasciare le radici allo scoperto o interrate oltre il livello del colletto.

Occorrerà, dunque, collocare il colletto superiormente al piano campagna, ad un'altezza che sarà dettata dalla consistenza del terreno e dalle dimensioni della zolla e della buca di escavazione.

L'imballo della zolla costituito da materiale degradabile (es. paglia, canapa, juta, ecc.) **dovrà essere tagliato al colletto e aperto sui fianchi** senza rimuoverlo da sotto la zolla, togliendo soltanto le legature metalliche ed il materiale di imballo in eccesso.

La zolla deve essere integra, sufficientemente umida, aderente alle radici; se si presenta troppo asciutta, dovrà essere immersa temporaneamente in acqua con tutto l'imballo.

Analogamente si dovrà procedere per le piante fornite in contenitore.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Per le piante a radice nuda, parte dell'apparato radicale dovrà essere, ove occorra, spuntato alle estremità delle radici, privato di quelle rotte o danneggiate.

Le piante dovranno essere collocate ed orientate in modo da ottenere il miglior risultato estetico e tecnico in relazione agli scopi della sistemazione.

Prima del riempimento definitivo delle buche, gli alberi, gli arbusti e i cespugli di rilevanti dimensioni dovranno essere resi stabili per mezzo di pali di sostegno, ancoraggi e legature. L'ESECUTORE provvederà, poi, al **riempimento definitivo delle buche con terra di coltivo**, costipandola con cura in modo che non rimangano vuoti attorno alle radici o alla zolla (cuscini d'aria) e facendo attenzione a non rovinare la corteccia delle piante in nessuna fase della piantumazione.

Il riempimento delle buche potrà essere effettuato, a seconda delle necessità, con terra di coltivo semplice oppure miscelata con torba.

A riempimento ultimato, **attorno alle piante dovrà essere formata una conca o bacino per la ritenzione dell'acqua** da addurre subito dopo in quantità abbondante, onde favorire la ripresa della pianta e facilitare il costipamento e l'assestamento della terra vegetale attorno alle radici e alla zolla.

Alla base delle specie arboree e arbustive di piccole dimensioni, comprese le specie rampicanti, verrà successivamente collocato **un disco pacciamante, in fibra naturale biodegradabile 100%,** avente lo scopo di impedire o ridurre lo sviluppo delle specie erbacee infestanti a ridosso della piantina e di trattenere l'umidità del terreno.

Ove necessario, si dovrà prevedere una protezione del fusto delle giovani piante dai danni della fauna.

15.10.11.1 Messa a dimora degli alberi e degli arbusti

Come già detto in precedenza la messa a dimora degli alberi e arbusti dovrà essere eseguita in periodo di riposo vegetativo.

L'eventuale potatura di trapianto della chioma deve essere autorizzata dalla D.L. e dovrà seguire rigorosamente le disposizioni impartite, rispettando il portamento naturale e le caratteristiche specifiche delle singole specie.

15.10.11.2 Messa a dimora delle piante tappezzanti, rampicanti, sarmentose e ricadenti

La messa a dimora di queste piante va effettuata in buche preparate al momento, più grandi di circa 15 cm del diametro dei contenitori. Se le piante sono fornite in contenitori di materiale deperibile (torba, pasta di cellulosa compressa, ecc.), possono essere messe a dimora con tutto il vaso; se di materiale non deperibile vanno rimossi.

In ogni caso, le buche dovranno essere poi colmate con terra di coltivo mista a concime ben pressata intorno alle piante.

L'ESECUTORE è tenuto, infine, a **completare la piantagione** delle specie rampicanti, sarmentose e ricadenti, **legandone i getti alle apposite strutture di sostegno** in modo da guidarne lo sviluppo per ottenere i migliori risultati in relazione agli scopi della sistemazione.

15.10.12 SEMINA DEI PRATI

La semina dei prati dovrà avvenire dopo la messa a dimora degli alberi, arbusti o piante tappezzanti, eventualmente previsti dal progetto. Dopo una lavorazione del terreno a carattere superficiale, consistente in una aratura a 10 - 20 cm o in una zappatura, si procederà alla somministrazione con erpicatura a mano di concimi fosfatici e potassici mentre quelli azotati saranno somministrati successivamente alla germinazione.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

La composizione e le proporzioni dei concimi saranno indicati dall'ESECUTORE in base alle analisi chimiche del terreno, effettuate a sua cura e spesa, d'intesa con la D.L.. Dovranno, inoltre, essere eliminati dal terreno tutti i materiali estranei e i ciottoli eventualmente presenti. Nell'eventualità che lo spessore della terra vegetale e la sua natura non dessero garanzie di buono attecchimento e successivo sviluppo delle piantagioni, l'ESECUTORE è tenuto ad effettuare la sostituzione del materiale stesso con altro più adatto. Il tipo di miscuglio da impiegare, che deve essere comunicato alle FERROVIE ed approvato prima dell'uso, va scelto in funzione del tipo di prato desiderato e delle caratteristiche ambientali del luogo (vegetazione, clima, suolo, fattori topografici). In particolare, per tappeti erbosi di carattere ornamentale (giardini, parchi, tappeti verdi temporanei) potrà usarsi in linea di massima un miscuglio di graminacee e leguminose appartenenti ai generi Agrotissp., Festuca sp., Loliumsp., Poa sp., Bromissp., Trifoliumsp. etc.

Nei tappeti erbosi tecnici (scarpate, rilevati, argini, arce da ripristinare) che hanno il compito di frenare l'azione erosiva dell'acqua e di contribuire ad un gradevole inserimento dell'opera nel paesaggio, le specie da usare devono essere rustiche e formare un prato polifita stabile; il miscuglio, a base di graminacee e leguminose ed eventualmente di specie arbustive, va scelto in linea di massima tra le seguenti specie:

GRAMINACEE: Poa sp. pl., Agropyronrepens., Brachypodiumpinnatum, Bromusinermis, Bromuserectus, Cynodondactylon, Dactylonglomerata, Festuca rubra, Festuca arundinacea, Loliumitalium, Lolium perenne, Arrhenatherumelatius, Agrostistenium.

LEGUMINOSE:Medicagosp. pl., Onobrychisvic15folia, Hedysarumcoronarium, Lotus corniculatus, Anthyllisvulneraria, Trifoliumsp. pl.

ARBUSTI: Acer campestre, Cercissiliquastrum, Cistussalvifolius, Corylusavellana, Cornussangunea, Cornillaemerus, Crataegusmonogyna, Cytiusscoparius, Eleagnusangustifolia, Hippophaerhamnoides, Laburnumanagyroides, Pistacialentisces, Pistaciatherebinthus, Prunusspinosa, Rosa canina, Spartiumjuncem, Tamarixsp.

La semina va effettuata a spaglio, in giornate senza vento, nel periodo scelto dall'ESECUTORE che è comunque tenuto alla risemina se la germinazione non è regolare ed uniforme. La ricopertura del seme va effettuata con rastrelli a mano e erpici a sacco; dopo la semina l'ESECUTORE provvederà inoltre alla rullatura ed alla bagnatura del terreno e invierà un tecnico per la visita di controllo a scadenza quindicinale fino alla prima tosatura. A lavori ultimati ed alla data di collaudo il manto di copertura dovrà risultare a densità uniforme e senza vuoti.

15.10.13 MESSA A DIMORA DELLE ZOLLE ERBOSE

Le zolle erbose dovranno essere messe a dimora stendendole sul terreno così da formare una superficie uniforme senza spazi intermedi.

Per favorire l'attecchimento, le zolle dovranno essere cosparse con uno strato di terriccio miscelato con torba, sabbia, humus e agripelite concimata (60% terra vegetale 10% per ciascun correttivo e/o concime), compattate per mezzo di battitura e di rullatura e, infine, abbondantemente irrigate. Nel caso che le zolle erbose debbano essere collocate sui terreni in pendio o su scarpate, dovranno essere anche fissate al suolo per mezzo di picchetti di legno, costipando i vuoti con terriccio. Qualora l'appezzamento venisse infestato dalle formiche, che porterebbero via il seme, si dovrà trattare il seminato con appositi preparati contro le formiche. Se tale trattamento non fosse stato eseguito in tempo e le formiche avessero asportato il seme, si dovrà provvedere a nuova semina.

Al collaudo si dovrà pretendere che le erbe del prato coprano regolarmente il terreno, senza che risultino punti di addensamento o di diradamento; in quest'ultimo caso, si pretenderà la risemina.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

15.10.14 PROTEZIONE DELLE PIANTE MESSE A DIMORA

Nelle zone dove potrebbero verificarsi danni causati da animali domestici o selvatici oppure dal transito di persone e automezzi, l'ESECUTORE dovrà proteggere, singolarmente o in gruppo, le piante messe a dimora con opportune protezioni adeguatamente ancorate al terreno (es. shelter in materiale fotossidabile biodegradabile o in legno) e/o sostanze repellenti previste in progetto o precedentemente concordati ed approvati dalla Direzione Lavori.

Se è previsto in progetto, alcuni tipi di piante (tappezzanti, piccoli arbusti, ecc..) dovranno essere **protette dai danni della pioggia battente, dalla essiccazione e dallo sviluppo di erbe infestanti per mezzo di pacciame** (paglia, foglie secche, segatura, cippatura di ramaglia e di corteccia di conifera, ecc.) od altro analogo materiale precedentemente approvato dalla Direzione Lavori.

15.11 ULTIMAZIONE D'IMPIANTO E GARANZIA DI ATTECCHIMENTO

L'impianto si riterrà ultimato quando tutte le operazioni di cui sopra saranno state completate e ne sarà stata data evidenza alla D.L.

Le obbligazioni contrattuali dell'ESECUTORE non si esauriscono con la messa a dimora delle essenze prative, arbustive e arboree, ma richiedono un ulteriore periodo di interventi finalizzati ad un completo attecchimento delle varie specie vegetali.

La garanzia di attecchimento dovrà essere prestata per l'intero periodo di manutenzione che non potrà essere inferiore a 3 anni calcolata a partire dalla data di ultimazione dei lavori (ovvero con il completamento della messa a dimora dell'impianto).

L'ESECUTORE, infatti, **ha l'obbligo di garantire un attecchimento delle Opere a Verde superiore od uguale all'80%, fatto salvo per il verificarsi di eventi straordinari non dipendenti da volontà o colpe specifiche.** A tal fine, l'ESECUTORE attua un piano di controllo degli attecchimenti per ciascuna tipologia di opera a verde, della cui attuazione dà evidenza formale alla D.L.

Tale piano di controllo si articola in **tre momenti**:

1. **prima verifica di attecchimento**: **dopo un anno** dalla data di ultimazione dei lavori;
2. **seconda verifica di attecchimento**: **dopo due anni** dalla data di ultimazione dei lavori;
3. **terza verifica di attecchimento**: **dopo tre anni** dalla data di ultimazione dei lavori.

L'attecchimento si intende avvenuto quando le piante si presentano sane ed in buono stato vegetativo.

In ogni verifica la D. L., in contraddittorio con l'ESECUTORE, procederà all'analitica rilevazione di stato delle Opere a Verde e redazione del verbale di verifica attecchimento; soltanto in caso di esito positivo della verifica, ovvero rilevando un grado di attecchimento superiore od uguale all'80%, la D.L. potrà disporre all'ESECUTORE il pagamento di un'aliquota dell'importo previsto in funzione dello stato di avanzamento dell'opera, ovvero:

- il 30% al **completamento della messa a dimora dell'impianto**;
- il 30 % all'esito positivo della **prima verifica di attecchimento**;
- il 20% all'esito positivo della **seconda verifica di attecchimento** ;
- il 20 % all'esito positivo della **terza verifica di attecchimento**.

Si precisa che l'ESECUTORE dovrà comunque provvedere a sostituire ogni pianta fallata con n. 1 pianta di pari taglia, specie e varietà.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Nel caso in cui l'attecchimento risulti essere inferiore all'80%, la D.L. non disporrà il pagamento dell'aliquota spettante all'ESECUTORE e potrà imporre allo stesso di ampliare, senza alcun compenso aggiuntivo, il periodo di garanzia e la contestuale attività manutentoria per un ulteriore ciclo vegetativo.

Fino all'ultimazione delle verifiche di attecchimento, l'ESECUTORE dovrà proseguire l'azione manutentoria.

L'ESECUTORE cesserà da tale obbligazione soltanto dopo l'emissione degli atti di verifica finale di attecchimento, **che in ogni caso dovrà avvenire entro 5 anni dalla prima messa a dimora pena la non corresponsione del saldo**.

15.12 PIANO DI MANUTENZIONE POST-IMPIANTO E GARANZIE DI MANUTENZIONE

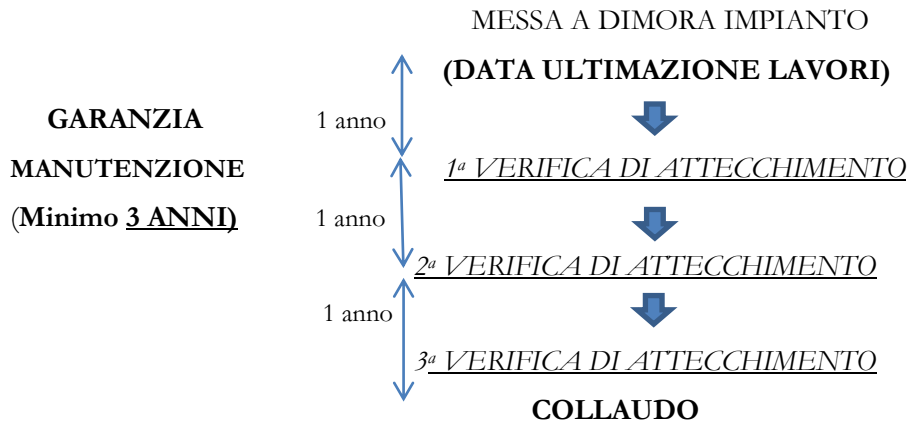
L'ESECUTORE ha l'obbligo di redigere un piano di manutenzione post-impianto per ciascuna opera a verde, dandone evidenza formale alla D.L.; in detto piano è integrato il piano di controllo degli attecchimenti.

Il piano di manutenzione prevede altresì tempi, modalità e condizioni per l'asportazione di pali tutori, protezioni dei fusti, legacci, teli di pacciamatura, picchetti e di quant'altro non sia più utile alla protezione e difesa degli impianti al termine dei tre anni di garanzia.

Il piano di manutenzione non interferisce con gli obblighi dell'ESECUTORE in ordine alle garanzie di attecchimento che dovranno comunque essere prestate.

L'ESECUTORE ha l'obbligo di effettuare le irrigazioni di soccorso che si rendessero necessarie; ha inoltre l'obbligo di dare evidenza formale alla D.L., con cadenza trimestrale, dell'attuazione dei piani colturali post-impianto (finalizzati all'attecchimento delle piante e alla buona riuscita degli interventi stessi) e degli interventi straordinari eseguiti, giustificandoli sulla base dell'andamento climatico del periodo e della risposta degli impianti.

In caso di esito sempre positivo delle verifiche di attecchimento, la manutenzione e le pratiche culturali di tutte le Opere a Verde saranno garantite per un minimo di tre anni, a partire dalla data di ultimazione dei lavori, ovvero dal completamento della messa a dimora dell'impianto. Esse dovranno garantire la piena efficienza degli impianti al momento **del collaudo**, **che avverrà con l'esito positivo dell'ultima verifica di attecchimento.**



e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

15.12.1 MANUTENZIONE COMPONENTI VEGETALI

Nei primi anni dopo l'impianto, fino a quando la nuova copertura vegetale non ha iniziato a consolidare l'opera ed evolvere in modo spontaneo verso forme più complesse, l'ESECUTORE deve effettuare, per il periodo di garanzia concordato, una corretta manutenzione delle componenti vive delle Opere a Verde.

La manutenzione delle componenti vegetali deve essere eseguita seguendo i tempi biologici della vegetazione; pertanto, alcune lavorazioni dovranno essere eseguite nel periodo di riposo vegetativo (diradamenti, potatura e rimondatura, sostituzione delle fallanze, ecc.), altre durante il periodo di piena vegetazione (concimazioni, innaffiamento, falciature, ecc.). Alcune lavorazioni risultano essere invece indipendenti dalle stagioni e quindi possono essere eseguite all'occorrenza (verifica delle protezioni, ecc.).

La manutenzione delle componenti vegetali può assumere due obiettivi, opposti tra di loro: la manutenzione di "crescita" e la manutenzione di "contenimento".

La **manutenzione di "crescita"** è l'insieme delle lavorazioni e dei controlli necessari affinché gli impianti di nuova vegetazione (alberi, arbusti, specie erbacee, prati, ecc.) possano affermarsi e crescere in modo da costituire un ecosistema stabile nel tempo, capace di ridurre il rischio idrogeologico, ricostruire l'equilibrio ecologico e migliorare il valore paesaggistico dell'area dell'intervento. Riguardando opere che ricostruiscono porzioni di ecosistemi e l'attività di manutenzione ha come obiettivo la crescita della vegetazione (nuova o già esistente) attraverso quelle operazioni che sono alla base delle sistemazioni paesaggistiche (impianti, concimazioni, irrigazioni, ecc.).

All'interno del ciclo di vita utile di un'opera di ingegneria naturalistica la manutenzione di crescita interessa il periodo iniziale della durata variabile da alcuni mesi, per le opere di difesa spondale, a qualche anno per gli interventi di consolidamento dei pendii; una volta che la vegetazione si è consolidata, si deve iniziare un altro tipo di manutenzione ovvero quella di contenimento.

La **manutenzione di "contenimento"** è l'insieme delle lavorazioni e dei controlli necessari al mantenimento di una condizione di equilibrio "artificiale". Per esempio, in determinate opere di ingegneria naturalistica, dove le caratteristiche meccaniche dell'apparato radicale sono fondamentali per la stabilità del sistema "terreno-opera di ingegneria naturalistica-forze esterne", occorre che la parte fuori terra delle piante (alberi o arbusti) risponda a determinate caratteristiche tecniche; in altri casi l'attività di manutenzione deve guidare in modo artificiale l'evoluzione vegetale verso determinate associazioni predefinite dal progetto. Da un punto di vista temporale, la manutenzione di contenimento segue, all'interno del ciclo di vita dell'opera, la manutenzione di crescita.

Segue la descrizione delle principali operazioni da eseguire negli anni successivi all'impianto vegetale.

15.12.1.1 Sostituzione delle fallanze

Laddove si riscontrino fallanze per varie cause (mancanza di adeguata manutenzione, difetti di esecuzione), l'ESECUTORE è tenuto, a sua cura e spese, alla sostituzione o ripristino ove possibile.

Ogni anno, durante il periodo primaverile-estivo, le FERROVIE, in contraddittorio con l'ESECUTORE, provvederanno alla redazione di verbali di attecchimento con l'indicazione delle piante da sostituire e delle superfici a prato da restaurare.

Prima del riposo invernale, sulla base di detti verbali, l'ESECUTORE procederà con l'operazione di sostituzione delle fallanze.

Ogni pianta fallata verrà sostituita, d'accordo con la D.L., con un'altra identica per genere, specie, varietà e dimensioni.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Risemini

Le piante che per qualsiasi ragione non avessero attecchito saranno sostituite, a cura dell'ESECUTORE, con un'altra identica per genere, specie, cultivar e dimensioni, nella prima stagione favorevole per l'impianto dopo l'accertamento del mancato attecchimento.

Rinnovo parti difettose tappeti erbosi

L'ESECUTORE dovrà riseminare ogni superficie di tappeto erboso che presenti crescita irregolare o difettosa oppure dove l'erba non abbia attecchito, nella prima stagione favorevole per l'impianto dopo l'accertamento del mancato attecchimento.

15.12.1.2 Innaffiamento

L'ESECUTORE è tenuto ad innaffiare tutte le piante messe a dimora e i tappeti erbosi in tutto il periodo di garanzia. Le operazioni di innaffiamento dovranno essere ripetute e tempestive e variare in quantità e frequenza in relazione alla natura del terreno, alle caratteristiche specifiche delle piante, al clima e all'andamento stagionale. E' a carico dell'ESECUTORE il reperimento, il trasporto dell'acqua e quanto necessario per la sua somministrazione e distribuzione.

L'acqua sarà data alle colture opportunamente polverizzata, usando apposite lance munite di apparecchio frangigetto o con irrigatori, evitando che l'acqua scorra sul terreno disperdendosi e danneggiandolo. Si eviterà, inoltre, di calpestare il terreno bagnato.

Nel caso fosse stato predisposto un impianto di irrigazione automatico, l'ESECUTORE dovrà controllare che questo funzioni regolarmente e, in caso di guasti, provvedere con interventi manuali.

Dopo la semina dei prati, si avrà cura di procedere con opportuna cautela ad una leggera annaffiatura e dopo si procederà ad una più regolare innaffiatura allo scopo di favorire la germinazione dei semi. Ogni innaffiatura dovrà inumidire il terreno per almeno 10 centimetri di profondità.

L'innaffiamento degli arbusti, cespugli ed alberi sarà eseguito mediante l'apertura di idonee sconcature intorno al colletto della pianta. Si avrà cura, durante l'apertura delle sconcature, a non danneggiare il fusto né tantomeno le radici della pianta. Ad avvenuto assorbimento dell'acqua le sconcature dovranno essere ricolmate con la terra precedentemente scavata.

15.12.1.3 Controlli e ripristini

Ripristino verticalità delle piante

L'ESECUTORE dovrà provvedere a controllare ed accertare le condizioni statiche sia degli alberi che dei rami, avendo cura di riservare maggiore attenzione a quelle alberature che insistono su luoghi aperti al pubblico transito ed a quelle i cui rami aggettano sui luoghi transitati. Particolare cura dovrà essere dedicata nel controllo di quelle alberature laddove vengano riscontrati tagli non cicatrizzati o attacchi di insetti. Qualora si dovessero ancorare delle alberature che diano segno di imperfetta stabilità, si dovrà procedere con cautela allo scopo di non danneggiare ulteriormente la pianta. Si dovrà, pertanto, ricorrere all'ancoraggio con tiranti costituiti da cavi di acciaio di adeguata sezione, avendo cura di collegarli ad altri elementi realizzati in modo tale da consentire la regolarizzazione della stabilità. E' buona regola interrompere i tiranti con appositi tenditori a due occhielli per poterli mantenere sempre in tiro.

Controllo parassiti e fitopatologie

L'ESECUTORE è tenuta a controllare la comparsa di possibili manifestazioni patologiche della vegetazione, provvedendo alla tempestiva eliminazione del fenomeno patogeno, onde evitare la diffusione e rimediare ai danni

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

accertati. In caso di accertato attacco, occorre che esso provveda alla sostituzione delle componenti vegetali danneggiate.

Controllo delle protezioni

Nelle aree dove maggiore è la presenza di ungulati (cinghiali, caprioli, daini, cervi) e di lepri si rende necessario verificare il grado di efficienza delle protezioni (shelter, reti di protezione dei fusti) dei singoli esemplari arborei ed arbustivi. Nel caso dei prati occorre controllare lo stato delle recinzioni per evitare il pascolo di animali selvatici o domestici.

Sistemazione dei danni causati da erosione

L'ESECUTORE dovrà provvedere, nel più breve tempo possibile, alla sistemazione dei danni causati da erosione, assestamenti, rotture o difetti per negligenza di esecuzione.

15.12.1.4 Sfalcio, diserbi e sarchiature

Nel caso di piantagione di alberi, arbusti e piante tappezzanti, l'ESECUTORE dovrà provvedere allo sfalcio delle erbe spontanee infestanti in tutta l'area d'impianto ogni qualvolta l'erba raggiunga un'altezza media di 35 cm. Nel caso di tappeti erbosi ornamentali le falciature saranno eseguite quando le specie prative raggiungano un'altezza media di 10 cm. Il taglio dell'erba dovrà essere eseguito a perfetta regola d'arte, evitando danneggiamenti agli alberi, cespugli e piante da fiore disposte nei prati. Le erbe tagliate si dovranno radunare sul prato e trasportare allo scarico a cura e spese dell'ESECUTORE. Tale operazione dovrà essere eseguita con la massima tempestività, per evitare possibili incendi, evitando la dispersione sul terreno dei residui rimossi. La frequenza dei tagli sarà maggiore per i prati irrigui rispetto agli asciutti e varierà in finzione delle esigenze e secondo le essenze che compongono i prati.

Il terreno intorno alle piante sarà diserbato dalle infestanti per una superficie media di 2 mq per gli alberi e 1 mq per gli arbusti o le piante tappezzanti e l'erba tagliata andrà rimossa al massimo entro 5 giorni. Tale operazione sarà effettuata almeno 6 volte all'anno. Le operazioni di sfalcio saranno eseguite nel periodo marzo-ottobre, salvo diversa necessità legata alla specificità del periodo di germinazione delle specie infestanti.

Le superfici di impianto interessate da alberi, arbusti e cespugli perenni, biennali, annuali, etc. e le conche degli alberi devono essere oggetto di sarchiature periodiche.

Irroramento diserbante

Gli addetti al diserbamento chimico dovranno osservare scrupolosamente le prescrizioni previste dalla normativa vigente in materia di sicurezza sul lavoro; inoltre, essi dovranno:

- vestire un abito impermeabile completo di tela cerata, abito che alla fine della giornata dovrà essere lavato a mezzo di spugna o panno bagnato, per asportare ogni traccia di diserbante. Anche le scarpe verranno lavate con spazzola; dovranno lavarsi abbondantemente le mani e la faccia, spazzolare i capelli non fumare durante il lavoro e prima della pulizia personale;
- effettuare l'irrorazione camminando a ritroso allo scopo di imbrattarsi il meno possibile con la soluzione;
- stare lontano da sorgenti emananti forti calori, scorie incandescenti, ecc.;
- tenere l'ugello spruzzatore alto circa 20 cm dal terreno e fare il possibile per irrorare efficacemente il terreno e la base delle piante;
- non bagnare le rotaie, specie quelle dei binari di corsa;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- non bagnare cataste ed altro materiale incendiabile e portare la massima cura per non bagnare le bobine delle condutture elettriche;
- lavare le pompe accuratamente con acqua ogni sera a fine lavoro. I carrelli vasca dovranno essere lavati a fine lavoro od anche quando si prevede una interruzione del lavoro superiore a due giorni.

Il prodotto da irrorare dovrà essere preventivamente accettato dalle FERROVIE.

15.12.1.5 Potatura e rimondatura

Le potature di formazione e di rimonda devono essere effettuate nel rispetto delle caratteristiche delle singole specie. Il materiale di risulta dovrà essere immediatamente rimosso e smaltito ai sensi della vigente normativa di settore.

Tutte le operazioni di potatura delle piante dovranno essere eseguite a regola d'arte ed in maniera rigorosamente conforme alla pianta campione che verrà preparata nel rispetto delle indicazioni impartite dalla D.L..

I tagli di potatura dovranno essere eseguiti da personale specializzato, sempre in prossimità di una ramificazione secondaria, terziaria, etc., o di una gemma rivolta verso l'esterno, senza danneggiarla.

L'abbattimento dei rami dovrà essere eseguito usando particolare cura evitando soprattutto che i rami abbattuti provochino danni a persone, a cose o alla vegetazione sottostante. In occasione del lavoro di potatura si provvederà anche alla rimondatura delle piante dagli eventuali rami secchi.

Allorquando si debba procedere alla potatura di piante arboree è buona regola eseguire anche una revisione allo scopo di controllare se vi siano piante o rami pericolanti da abbattere.

15.13 CONTROLLI SULL'ESECUZIONE DEI LAVORI

Per garantire la qualità della realizzazione delle Opere a Verde, le FERROVIE, come previsto dalla normativa in materia di lavori pubblici, dovrà effettuare i seguenti controlli:

1. durante la realizzazione degli impianti per verificare la qualità dei materiali impiegati (vegetali e non) e le modalità di realizzazione;
2. subito dopo la messa a dimora dell'impianto (in corrispondenza dell'ultimazione dei lavori) per verificare che l'intervento sia stato realizzato a regola d'arte come da progetto;
3. annualmente, nelle stagioni vegetative successive a quella d'impianto (in corrispondenza delle **verifiche di attecchimento,** *paragrafo 15.11)* per verificare l'efficacia delle manutenzioni eseguite;
4. **controllo finale (collaudo)**, in corrispondenza dell'**ultima verifica di attecchimento**, per verificare l'affermazione delle piante e per avere garanzia che le cure colturali siano state effettuate.

CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI

PARTE II - SEZIONE 16
OPERE VARIE

16.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
16.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
16.3. DEFINIZIONI
16.4. ABBREVIAZIONI
16.5. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI
16.6. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI
16.7. COLLAUDI

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica	Autorizzazione
A	30/06/2014	Emissione per Applicazione	D. Magnifico	F. Iacobini	P. Firmi

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

INDICE

16.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE 4
16.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO 4
16.2.1. NORMATIVA NAZIONALE 4
16.2.2. NORMATIVA EUROPEA 4
16.2.3. DOCUMENTAZIONE TECNICA 5
16.3. DEFINIZIONI 5
16.4. ABBREVIAZIONI 6
16.5. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI 6
16.6. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI 6
16.6.1. RETI DI DISTRIBUZIONE 6
16.6.1.1. Scavi 7
16.6.1.1.1. Generalità 7
16.6.1.1.2. Difesa dalle acque 7
16.6.1.1.3. Utilizzazione dei materiali di risulta 8
16.6.1.1.4. Rimozione di trovanti 8
16.6.1.2. Particolari tipi di scavo 8
16.6.1.2.1. Scavi per attraversamenti speciali 8
16.6.1.2.2. Scavi per la manutenzione di tubazioni e opere accessorie 8
16.6.1.3. Movimentazione e stoccaggio dei materiali 9
16.6.2. POSA IN OPERA DELLE RETI INTERRATE 9
16.6.2.1. Posa in opera cavi interrati 9
16.6.2.2. Posa in opera di tubazioni interrate 10
16.6.2.3. Modifiche di reti esistenti 10
16.6.2.4. Riempimenti 11
16.6.2.4.1. Generalità 11
16.6.2.4.2. Materiali 11
16.6.3. MANUFATTI PER TOMBINI E SOTTOPASSI 12
16.6.4. TUBAZIONI PER DRENAGGI 12
16.6.4.1. Tubazioni eseguite con casseforme pneumatiche 12
16.6.4.2. Tubazioni eseguite con elementi prefabbricati 13
16.6.4.2.1. Tubi prefabbricati in calcestruzzo non armato 13
16.6.4.2.2. Tubi prefabbricati in calcestruzzo armato 13

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

16.6.5. RECINZIONI 13
16.6.5.1. Recinzione con paletti in c.a.p. e rete metallica 13
16.6.5.2. Recinzione formata con lastre prefabbricate in c.a. vibrato 14
16.6.5.3. Recinzione con muretto di base e sovrastante grigliato 14
16.6.5.4. Recinzione con muretto e sovrastante rete elettrosaldata zincata 14
16.6.5.5. Recinzione con paletti in profilato di ferro e rete zincata 14
16.6.6. BARRIERE ANTIVENTO 15
16.6.6.1. Materiali 15
16.6.6.1.1. Acciai da carpenteria 15
16.6.6.1.2. Tirafondi 15
16.6.6.1.3. Rivetti 15
16.6.6.1.4. Saldature 15
16.6.6.1.5. Rivestimenti protettivi 16
16.6.6.1.6. Prove sui materiali 16
16.6.6.2. Conglomerato cementizio 16
16.6.6.3. Acciaio per cemento armato 17
16.6.6.4. Acciaio da carpenteria metallica per micropali 17
16.6.6.5. Operazioni di montaggio 17
16.6.6.5.1. Messa in opera tirafondi 17
16.6.6.5.2. Messa in opera del montante 17
16.6.6.5.3. Messa in opera dei pannelli 19
16.7. COLLAUDI 20

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

16.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Oggetto della presente Sezione del Capitolato è l'insieme delle tipologie di lavoro non incluse e/o non contemplate in altre sezioni del presente Capitolato.

Esse consistono in:

- reti di distribuzione;
- manufatti per tombini e sottopassi;
- tubazioni per drenaggi;
- recinzioni;
- barriere antivento.

16.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

16.2.1. NORMATIVA NAZIONALE

- Legge 05/11/71 n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche";
- Decreto Min. Infrastrutture e Trasporti 30/4/1992 n. 285 "Nuovo codice della strada";
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495 "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada".
- D.P.R. 06/06/2001 n. 380 "Testo unico per l'edilizia";
- D. Lgs. 12/4/ 2006 n. 163 "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE";
- D.Lgs. 3/4/2006 n. 152 "Norme in materia ambientale" e s.m.i.;
- Decreto Min. Infrastrutture e Trasporti 14/01/2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC08);
- D.Lgs. 9/4/ 2008 n. 81 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3/8/2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro"
- Cir. C.S.LL.PP 2/02/2009 n. 617– Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008;
- D.P.R. 5/10/2010 n. 207 "Regolamento di esecuzione e attuazione del decreto legislativo 12/4/2006, n. 163, recante Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE";
- Decreto del Min. Ambiente 01/08/2012 n. 161 "Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo";
- Decreto Min. Infrastrutture e Trasporti 4/4/2014 n. 137 "Norme Tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto".

16.2.2. NORMATIVA EUROPEA

- UNI EN 1916 –2004 - Tubi e raccordi di calcestruzzo non armato, rinforzato con fibre di acciaio e con armature tradizionali;
- UNI EN ISO 1461 – 2009 - Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova;

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- UNI EN ISO 3210-2010 - Anodizzazione dell'alluminio e sue leghe - Valutazione della qualità del fissaggio degli strati di ossido anodico mediante misurazione di perdita di massa dopo immersione in soluzioni fosfo-cromiche acide;
- UNI EN ISO 8744-1999 - Spine ad intagli conici su tutta la lunghezza;
- UNI EN ISO 9227-2012 - Prove di corrosione in atmosfere artificiali - Prove di nebbia salina;
- UNI EN 10025 1/2-2005 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali. Condizioni tecniche generali di fornitura. Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali;
- UNI EN 10048 –1998 - Nastri stretti di acciaio laminati a caldo - Tolleranze sulle dimensioni e sulla forma;
- UNI EN 10143-2006 - Lamiere sottili e nastri di acciaio con rivestimento applicato per immersione a caldo in continuo - Tolleranze sulla dimensione e sulla forma;
- UNI EN 10263 1/5-2003 - Vergella, barre e filo di acciaio per ricalcatura a freddo ed estrusione a freddo;
- UNI EN 10346-2009 - Prodotti piani di acciaio rivestiti per immersione a caldo in continuo - Condizioni tecniche di fornitura;
- UNI EN 13055-1-2003 - Aggregati leggeri - Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta per iniezione.

16.2.3. DOCUMENTAZIONE TECNICA

- UNI 3740-1999- Elementi di collegamento filettati di acciaio;
- UNI 7548-1/2-1992 - Calcestruzzo leggero con argilla o scisti espansi. Definizione e classificazione. Determinazione della massa volumica;
- UNI 8859-1986 - Trattamenti preservanti del legno. Impregnazione a pressione in autoclave mediante composti in soluzione acquosa di rame, cromo e arsenico (CCA);
- UNI 9202 – 2011 - Rivetti tubolari filettati con testa svasata;
- UNI 11013-2002- Aggregati leggeri - Argilla e scisto espanso - Valutazione delle proprietà mediante prove su calcestruzzo convenzionale;
- UNI 14399–4–2005 - Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 4: Sistema HV-Assieme vite e dado esagonali;
- UNI 14399–6 – 2005 - Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 6: Rondelle piane smussate.

16.3. DEFINIZIONI

Contratto: l'accordo tra il Committente e Appaltatore per l'esecuzione dei lavori descritti nel Contratto d'appalto contenente l'indicazione del corrispettivo pattuito o tra il Committente e il Fornitore per l'esecuzione delle forniture;

Direzione lavori: ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali;

Direttore Lavori: figura incaricata di esercitare, per conto del Committente, tutte le attività finalizzate alla direzione ed al controllo tecnico, contabile ed amministrativo dell'esecuzione dei contratti di appalto curando che i lavori siano eseguiti a regola d'arte, in conformità del progetto e del contratto e nel rispetto della normativa vigente.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumeriato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale);

FERROVIE: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (Direzione Lavori, Alta sorveglianza)

Prova: forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni delle FERROVIE.

16.4. ABBREVIAZIONI

ASTM: American Society for Testing and Materials

c.a.: conglomerato cementizio armato;

cls: conglomerato cementizio;

CNR: Consiglio Nazionale delle Ricerche

HV: Hardness Vickers (durezza Vickers);

NTC: Norme Tecniche per le Costruzioni

PEAD: Polietilene ad Alta Densità

PRFV: Plastica Rinforzata con Fibre di Vetro

PVC: Polivinile Cloruro

RFI: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A.;

UNI: Ente Nazionale Italiano di Normazione

16.5. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

L'ESECUTORE dovrà fornire tutti i materiali di consumo necessari per l'esecuzione dei lavori e per la realizzazione delle opere.

Quindi, a titolo indicativo e non esaustivo, saranno a carico dell'ESECUTORE i carburanti e lubrificanti per le proprie macchine, grassi, solventi e quant'altro necessario. Dovrà quindi provvedere ai materiali per la realizzazione delle giunzione dei tubi (come elettrodi, ossigeno e acetilene), ai materiali per la costruzione di opere murarie ed accessorie (come mattoni, cemento e inerti) e per l'ancoraggio delle tubazioni (come cemento e zanche), alle armature di sostegno e ai ponteggi (come tavole, reggette, chiodi e gattelle), ai materiali per rinterri e ripristini (come sabbia, ghiaia, pozzolana, pietrisco e bitume).

I materiali forniti dall'ESECUTORE dovranno essere conformi a quanto indicato dalle leggi vigenti, dal progetto e dalle specifiche tecniche applicabili.

16.6. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

16.6.1. RETI DI DISTRIBUZIONE

Il presente capitolo riguarda tutti quei lavori connessi con la costruzione di reti di distribuzione o di raccolta di qualsiasi tipo, connesse con la costruzione di fabbricati.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Riguarda altresì la deviazione e/o i rifacimenti di reti esistenti ed interferenti con la linea ferroviaria e/o con le reti in costruzione.

16.6.1.1. Scavi

La gestione delle terre e rocce da scavo dovrà avvenire secondo quanto prescritto dal D.Lgs. 152/06 Norme in materia ambientale e s.m.i., dal Decreto del Min. Amb. n. 161 del 01/08/12 "Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo e secondo quanto prescritto nella Sezione 5 "Opere in terra e scavi" del presente Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili.

16.6.1.1.1. Generalità

L'ESECUTORE accerterà, a sua cura e spese, la presenza di tutti quei servizi che possono interessare Io scavo e li segnalerà sul terreno.

L'ESECUTORE eseguirà poi il tracciato dello scavo sia come larghezza sia come andamento dell'asse, in modo che lo scavo risulti il meno possibile interessato dai servizi individuati.

L'ESECUTORE non dovrà, in alcun caso, manomettere, spostare o tagliare cavi o qualsiasi tubazione interrata o quant'altro interferente con lo scavo, prima di averne accertata la natura e la funzione e prima di aver avuto le necessarie autorizzazioni dal proprietario/esercente; in ogni caso il tutto dovrà essere sempre segnalato alla DIREZIONE LAVORI.

Il taglio dell'eventuale manto stradale e della fondazione o la demolizione della pavimentazione di qualsiasi tipo e spessore dovranno essere effettuati con adatti mezzi d'opera. Il taglio del manto di usura e della fondazione dovrà essere eseguito in modo da evitare danni, non strettamente necessari, alla pavimentazione e non dovrà avere, di norma, una larghezza superiore di 20 cm. rispetto a quella dello scavo. L'Esecutore provvederà direttamente a richiedere le autorizzazioni che si rendessero necessarie al proprietario/gestore di una opera su cui si dovrà intervenire, senza alcun tipo di onere aggiuntivo da corrispondere da parte delle Ferrovie.

Gli scavi per qualsiasi genere di lavoro, eseguiti a mano e/o con mezzi meccanici, in terreni e/o materiali di riporto di qualsiasi natura e consistenza, sia all'asciutto che in acqua, dovranno essere eseguiti così come impongono le leggi vigenti in materia di sicurezza su lavoro ai sensi del D.Lgs. 81/08 e la buona tecnica. Essi avranno dimensioni tali da consentire la posa delle tubazioni interrate secondo la normativa vigente.

Sarà cura e onere dell'ESECUTORE evitare franamenti delle pareti dello scavo, per tutto il tempo durante il quale gli scavi rimarranno aperti; a tale scopo Egli dovrà provvedere ad effettuare le necessarie ed idonee opere provvisionali a sostegno delle pareti dello scavo.

Resteranno a totale carico dell'ESECUTORE tutti gli oneri connessi con i lavori necessari alla rimozione di eventuali materiali franati nello scavo già eseguito e il riempimento della maggiore sezione di scavo con materiale e modalità idonei. L'ESECUTORE risponderà dei danni arrecati a persone o cose a seguito di frane e smottamenti.

16.6.1.1.2. Difesa dalle acque

L'ESECUTORE dovrà provvedere a sua cura e spese:

- alla realizzazione e manutenzione delle opere necessarie affinché le acque, anche piovane, che eventualmente scorrono sulla superficie del terreno, siano deviate in modo da non riversarsi negli scavi;
- alla rimozione di ogni impedimento che si opponga al regolare deflusso delle acque e di ogni causa di rigurgito, anche ricorrendo all'apertura di fossi di guardia, di canali fugatori, scoline, pozzi perdenti ecc.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Il tutto sarà eseguito senza provocare danni ad altri manufatti od opere e senza causare interruzioni nei lavori degli impianti in genere. In ogni caso, i materiali destinati alla costruzione delle reti non dovranno essere usati per la creazione di fossi o canali per il convogliamento di acque e per la copertura, anche provvisoria, di fossati.

16.6.1.1.3. Utilizzazione dei materiali di risulta

I materiali provenienti dagli scavi di ogni genere o dalle demolizioni potranno essere riutilizzati per i rinterri, ove ritenuti idonei, nel rispetto di quanto prescritto dalla normativa vigente in materia, dal D.Lgs 152/06 e s.m.i. e dal D.M. Min. Amb. 01/08/12 n. 161.

L'ESECUTORE dovrà eseguire i lavori di scavo e di rinterro in modo tale da non creare situazioni di pericolo e non recare danno ai fabbricati e alle opere limitrofe. Dovrà inoltre aver cura di non danneggiare la pavimentazione stradale con il movimento dei propri mezzi e/o le colture non direttamente interessate dall'esecuzione dei lavori.

L'ESECUTORE dovrà pertanto adottare, a sua cura e spese, tutti i provvedimenti atti ad evitare danni e a garantire l'incolumità di persone e cose restando di tali rischi l'unico responsabile.

16.6.1.1.4. Rimozione di trovanti

Nel caso di rinvenimento nello scavo di trovanti l'ESECUTORE dovrà, previa autorizzazione da parte del Direttore dei Lavori, provvedere alla loro frantumazione e rimozione, qualora gli stessi non siano asportabili con i normali mezzi di scavo, e provvedere al riutilizzo/smaltimento del materiale secondo le disposizioni di norma e della DL.

Per tale lavoro potrà usare mezzi preventivamente autorizzati dalla Direzione Lavori.

16.6.1.2. Particolari tipi di scavo

16.6.1.2.1. Scavi per attraversamenti speciali

Saranno eseguiti a mano o con mezzi meccanici a seconda della natura del terreno attraversato e delle difficoltà di esecuzione.

Nel caso di attraversamenti subalveo di fiumi, torrenti o canali, lo scavo dovrà essere effettuato con mezzi adeguati alla difficoltà di esecuzione connesse con l'ampiezza dell'attraversamento e la natura del terreno.

Il fondo scavo, alla profondità di progetto, dovrà avere un andamento orizzontale e sarà mantenuto in tali condizioni per tutta la durata del varo della tubazione. In golena, la larghezza in sommità della trincea e la pendenza delle pareti saranno adeguate alla consistenza e alle caratteristiche del terreno.

16.6.1.2.2. Scavi per la manutenzione di tubazioni e opere accessorie

Questi lavori saranno normalmente eseguiti per rendere possibile interventi su reti esistenti (riparazioni dispersioni, collegamenti, adeguamento di reti, ecc..).

L'ESECUTORE, oltre ad osservare tutte le modalità precedentemente descritte, dovrà usare particolari accorgimenti per non danneggiare la rete già posta in opera.

In particolare:

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- nelle fasi iniziali di scavo, si dovrà operare con la massima cura e attenzione in modo tale da individuare esattamente la posizione e la profondità della rete e degli eventuali servizi adiacenti;
- potranno essere usati mezzi meccanici per lo scavo avendo sempre cura che gli stessi non vengano mai a contatto con la rete; la restante parte dello scavo dovrà essere eseguita a mano;
- dovranno essere messi in atto tutti gli accorgimenti atti ad evitare deformazioni dell'asse geometrico della rete, abbassamenti e/o galleggiamenti che possano provocare danni alla rete esistente o in costruzione.

16.6.1.3. Movimentazione e stoccaggio dei materiali

Tutti i materiali dovranno essere stoccati in maniera tale da evitare qualsiasi tipo di danno al materiale stesso e/o al loro rivestimento. In particolare si dovrà:

- stoccare al chiuso o in area coperta tutti quei materiali che possono danneggiarsi per esposizione alle intemperie (sole, polvere, gelo, etc.);
- non accatastare in pila i materiali, e in ogni caso interporre tra gli strati opportuni distanziatori;
- movimentare i materiali con mezzi opportuni e con l'uso di braghe a fascia di larghezza opportuna;
- è escluso in ogni caso lo scarico dei materiali mediante caduta dello stesso dal mezzo di trasporto. In casi particolari è tollerato l'uso di scivoli inclinati, purché il materiale da scaricare sia opportunamente trattenuto;
- nel caso il materiale venga predisposto a piè d'opera per ulteriori lavorazioni si dovranno adottare tutti gli accorgimenti atti ad evitare danneggiamenti al materiale o al suo rivestimento;
- nel caso di stoccaggio di materiali pericolosi (infiammabili, esplodenti, etc.) dovranno adottarsi tutte le misure imposte dalle normative vigente quali, ma non limitatamente:
  - ventilazioni dei magazzini chiusi;
  - protezioni dai raggi del sole;
  - recinzioni particolari;
  - zone di rispetto.

16.6.2. POSA IN OPERA DELLE RETI INTERRATE

16.6.2.1. Posa in opera cavi interrati

La posa in opera dei cavi interrati riguarda il tiraggio dei cavi posti in trincea, dei cavi direttamente interrati, dei cavi posati in cunicoli di cemento, dei cavi tirati in tubo.

Tutti i cavi in matasse o bobine dovranno essere trasportati e posati in modo da evitare danneggiamenti. Non è consentito il rotolamento delle bobine, tranne per i piccoli spostamenti e per la sistemazione delle bobine sui cavalletti.

Ogni cavo sarà posato in trincee o canalette in cemento sopra uno strato di sabbia, in accordo ai disegni di progetto.

Lo svolgimento del cavo dovrà essere eseguito con le bobine sul carrello o su cavalletti che ne consentano la facile rotazione e tirando il cavo in modo che lasci la bobina dal basso.

Durante la posa il cavo deve appoggiare su rulli posati tra di loro a una distanza tale che il cavo non strisci sul terreno o sulla sabbia.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Il tiraggio dei cavi sarà eseguito a mano o mediante adatte macchine tiracavi rispettando il massimo sforzo di trazione ammesso dal costruttore dei cavi stessi. L'ESECUTORE deve accertarsi presso il fornitore in merito ai valori di cui sopra.

Il taglio a misura dei cavi dovrà essere fatto all'atto della posa in opera degli stessi, lasciando conveniente margine per l'esecuzione delle terminazioni.

Una volta eseguito il taglio della pezzatura della bobina, i terminali del cavo e quello rimasto sulla bobina dovranno essere sigillati in maniera corretta.

La posa dei cavi dovrà essere effettuata in accordo alle sezioni ed ai disegni di progetto.

La spaziatura tra i cavi dovrà essere realizzata in accordo al progetto.

Tutti i cavi dovranno essere identificati lungo il loro percorso mediante fascette in plastica o in piombo collocate ogni 30/40 m, recanti il contrassegno del cavo in accordo con l'Elenco Cavi del Progetto.

Nel caso in cui il cavo debba essere posato in apposito tubo, tutte le tubazioni portacavi dovranno essere accuratamente pulite e soffiate con aria prima dell'infilaggio. I cavi saranno infilati sui tubi portacavi già completi e fissati in tutte le loro parti.

Nel caso di posa su apposite canalette portacavi, ogni cavo dovrà essere posato su passerelle già complete e fissate in ogni loro parte. I cavi dovranno essere posati in maniera da assumere un andamento il più possibile rettilineo e dovranno essere fissati con fascette fermacavo in PVC o con morsetti metallici nel caso di passerelle verticali.

16.6.2.2. Posa in opera di tubazioni interrate

La posa in opera delle tubazioni interrate riguarda le operazioni connesse con la stesura dei tubi, sigillatura dei giunti e collaudo delle linee interrate così come indicato sui disegni di progetto.

Le tubazioni potranno essere in acciaio, PVC, PRFV,PEAD cemento e del tipo ovoide in cemento armato vibrato o comunque come mostrato sui disegni di progetto. Le linee dovranno essere poste in opera con le pendenze indicate, poggiate su idoneo sottofondo in modo da non danneggiare la tubazione e/o il suo rivestimento.

Tutti i materiali saranno forniti da qualificati rivenditori in grado di assicurare e fornire i quantitativi di materiali congrui con l'opera da eseguiree le relative certificazioni.

Le tubazioni prima del collaudo dovranno essere pulite mediante soffiaggio e nel caso di acqua potabile o sanitaria mediante lavaggio.

L'ESECUTORE dovrà predisporre tutta l'attrezzatura necessaria per le operazioni sopra descritte.

Per tutte le tipologie di materiali usati, ove non già definito in progetto, l'ESECUTORE dovrà comunicare alla DIREZIONE LAVORI le procedure di connessione (giunti saldati, giunti incollati, giunti a bicchiere, etc.) che intende utilizzare.

Per tubazioni convoglianti liquidi e gas attraversanti la ferrovia o poste in parallelo ad essa dovranno adottarsi tutti gli accorgimenti e prescrizioni dettati dal D. Min. Infrastrutture e Trasporti 04/04/2014 "Norme Tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto".

16.6.2.3. Modifiche di reti esistenti

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumeriato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Nel caso di interferenze con reti esistenti, interrate e non interrate, tali da richiedere una modifica di tracciato della rete esistente l'ESECUTORE provvederà direttamente a produrre le necessarie autorizzazioni, a prendere i necessari accordi con l'Ente proprietario delle reti, a concordare le modalità operative di intervento, informando comunque e costantemente la Direzione Lavori, senza alcun tipo di onere aggiuntivo da corrispondere all'ESECUTORE.

Resta inteso che la modifica di tracciato sarà eseguita rispettando tutte le norme, specifiche e procedure in vigore presso l'Ente proprietario.

16.6.2.4. Riempimenti

16.6.2.4.1. Generalità

Nel caso di scavi all'interno dei quali siano presenti tubazioni e/o cavi, il rinterro dovrà essere eseguito con modalità e materiali di riempimento idonei come per legge; in particolare l'ESECUTORE dovrà evitare che sassi, massi, materiali di risulta, spezzoni di altre tubazioni, siano gettati all'interno dello scavo. Il rinterro di scavi, all'interno dei quali siano presenti tubazioni in polietilene, deve essere effettuato in maniera tale da consentire che il tubo si assesti assumendo la temperatura del terreno. In particolare una delle estremità della tratta della condotta dovrà essere mantenuta libera di muoversi curando che il riempimento dello scavo abbia inizio dalla parte opposta.

Sono ammessi rinterri parziali nel caso sia necessario "bloccare" la tubazione; in ogni caso dovranno rimanere scoperte ed ispezionabili tutte le giunzioni, fino ad effettuazione con esito positivo dei collaudi previsti.

16.6.2.4.2. Materiali

Si definiscono due classi di materiale di riempimento:

- materiale di riempimento di tipo A, posato immediatamente sotto, sopra e di fianco alla rete secondo le modalità e gli spessori di progetto;
- materiale di riempimento di tipo B, posato al di sopra del materiale di tipo A fino alla quota del piano di campagna o alla quota di inizio della sottofondazione della pavimentazione e, comunque, non a contatto con la rete.
- Il materiale di tipo A dovrà essere un materiale prevalentemente costituito da sabbia o pozzolana o comunquecome previsto in sede di progetto e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:
- almeno il 95% in peso del materiale dovrà avere dimensioni inferiore a 6 mm;
- almeno il 70% in peso del materiale dovrà avere dimensioni inferiori a 2 mm;
- non più del 5% in peso del materiale dovrà avere dimensioni inferiori a 0,063 mm (UNI 11531-1/2014);
- dovrà essere esente da detriti, materiale organico, pietre o qualsiasi altro materiale estraneo.

Il materiale di riempimento di tipo B dovrà essere preferibilmente costituito da sabbia, ghiaia e ciottoli o pozzolana, onde precostituire un buon sottofondo per le pavimentazioni stradali.

Ove non esistessero problemi di pavimentazione e/o di servizi vicini potrà essere utilizzato, nel rispetto delle norme vigenti, materiale di risulta, il quale dovrà comunque essere esente da detriti, materiale organico e pietre di grosse dimensioni (> di 20 cm).

La posa in opera del materiale di rinterro di tipo A dovrà avvenire secondo le modalità indicate di seguito:

- strato di fondazione sotto la rete: deposto sul fondo dello scavo a strati di spessore non superiore di 15 cm, compattato a mano con cura ordinaria mediante l'utilizzo di pala. Il materiale dovrà essere posto in

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

opera per tutta la larghezza della trincea. Lo spessore minimo finale dello strato al di sotto della rete dovrà essere come da progetto e comunque non inferiore a 7 cm;

- strato o strati di rinfianco: la compattazione dello stesso sarà prescritta in fase di progetto;
- strato di copertura: dovrà essere posto in opera senza compattazione realizzando lo spessore di progetto e comunque uno spessore non inferiore a cm 15.

La posa in opera del materiale di tipo B dovrà sempre avvenire in modo tale da evitare che venga meno lo spessore di ricoprimento minimo di progetto per il materiale di tipo A. Una compattazione a strati di spessore non superiori a 30 cm con piastra vibrante o similare dovrà essere eseguita laddove è previsto l'uso di materiale granulare grossolano sotto a pavimentazioni stradali. Una compattazione ordinaria è da prevedersi in casi diversi.

L'ESECUTORE dovrà sempre accertare che il rinterro sia eseguito in modo tale che non vi siano cavità superficiali o interne al materiale di rinterro che possono costituire pericolo alle persone e/o animali e mezzi.

Considerata l'attenzione che deve essere posta nel posizionamento dei tubi, l'ESECUTORE dovrà curare particolarmente l'alloggiamento dei giunti in modo tale da garantire che la reazione del terreno sia distribuita lungo tutto il tubo e non sia concentrata in corrispondenza degli elementi di giunzione. Nel caso di giunti a bicchiere dovranno essere previste, in corrispondenza di ciascun giunto, opportune sedi preparate nello strato sabbioso di base. Qualora risultasse necessario procedere in modo diverso da quanto sopra specificato l'ESECUTORE dovrà comunque evitare il ricorso a blocchi o mattoni o mucchi di sabbia, mentre è consentito l'impiego di sacchetti di sabbia.

L'ESECUTORE dovrà curare la manutenzione continua dei rinterri in modo da mantenere il piano viabile perfettamente piano, senza avvallamenti o convessità, tale da garantire la viabilità e la sicurezza della sede stradale fino al ripristino della pavimentazione, fatte salve diverse prescrizioni degli Enti locali interessati.

Alla profondità prevista in progetto, e ove richiesto dal progetto o dalla DIREZIONE LAVORI, dovranno essere posti in opera un opportuno segnale di presenza e identificazione della rete, realizzato con rete, nastro, mattoni in cotto o cls, secondo la tipologia prevista dal progetto.

16.6.3. MANUFATTI PER TOMBINI E SOTTOPASSI

Per i manufatti per tombini e sottopassi realizzati in opera valgono le prescrizioni contenute nella Sezione 6 "Opere in conglomerato cementizio armato" del Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili di RFI.

Il rinterro dell'opera dovrà realizzato tenendo conto delle disposizioni legislative vigenti e delle prescrizioni riportate nella Sezione 5 –"Opere interra e scavi"del presente Capitolato e in particolare, ove applicabile, di quanto previsto nella parte rilevato in prossimità delle opere d'arte.

Per quanto riguarda la spinta di manufatti sotto la sede ferroviaria, si dovrà fare riferimento a quanto prescritto nella Sezione 12 "Ponti, viadotti e sottovia" del presente Capitolato.

16.6.4. TUBAZIONI PER DRENAGGI

Le tubazioni in cemento saranno eseguite impiegando casseforme pneumatiche oppure tubi prefabbricati, in conformità ai tipi normali e agli spessori indicati nei disegni tipo di progetto.

16.6.4.1. Tubazioni eseguite con casseforme pneumatiche

Il calcestruzzo impiegato per la costruzione della platea, i rinfianchi e la volta sarà del tipo IV secondo le NTC 2008.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

16.6.4.2. Tubazioni eseguite con elementi prefabbricati

A seconda delle condizioni d'uso, potranno essere utilizzati tubi in calcestruzzo vibrocompresso non armato o armato, con le caratteristiche e le specifiche riportate nei paragrafi seguenti.

16.6.4.2.1. Tubi prefabbricati in calcestruzzo non armato

Saranno previsti tubi con classe di resistenza a rottura≥ 60 kN/m

I tubi prefabbricati saranno realizzati a sezione circolare in calcestruzzo vibrocompresso non armato,conformi alla normativa europea UNI EN 1916, confezionati con inerti di cava e di fiume vagliati e lavati per ottenere un calcestruzzo di classe > 40 N/mm2.

I tubi dovranno essere di lunghezza non inferiore a m 2, con giunto a bicchiere esterno con anello di tenuta in gomma, conforme alle norme UNI EN 681, incorporato nel getto e saldamente ancorato al tubo.

I tubi dovranno essere autoportanti e saranno posti in opera in scavo a trincea stretta per profondità di interramento variabili da 1 a 3 m, calcolati dall'estradosso superiore del tubo.

I tubi saranno prefabbricati in stabilimento specializzato con impianti automatici; controllati, collaudati e certificati secondo la normativa vigente, con impressa la marcatura secondo quanto indicato nel punto 8 della norma UNI EN 1916.

16.6.4.2.2. Tubi prefabbricati in calcestruzzo armato

Saranno previsti tubi con classe di resistenza a rottura ≥ 90kN/mt e con classe di resistenza a rottura≥ 1350kN/m

I tubi prefabbricati saranno realizzati a sezione circolare di calcestruzzo vibrocompresso armato con gabbia rigida in acciaio BE 450 C, con classi minime di resistenza indicate nella normativa europea UNI EN 1916, confezionati con inerti di cava e di fiume vagliati e lavati per ottenere un calcestruzzo di classe > 45 N/mm2.

I tubi dovranno essere di lunghezza non inferiore a 2 m, con giunto a bicchiere e anello di tenuta in gomma, conforme alle norme UNI EN 681, incorporato nel getto e saldamente ancorato al tubo.

I tubi dovranno essere autoportanti e saranno posti in opera in scavo a trincea stretta per profondità di interramento variabili da 1 a 4 m, calcolati dall'estradosso superiore del tubo.

I tubi saranno prefabbricati in stabilimento specializzato con impianti automatici; controllati, collaudati e certificati secondo la normativa vigente, con impressa la marcatura secondo quanto indicato nel punto 8 della norma UNI EN 1916.

16.6.5. RECINZIONI

16.6.5.1. Recinzione con paletti in c.a.p. e rete metallica

La recinzione sarà costituita con fili di acciaio zincato del diametro di 3 mm a maglia di 6x6cm e altezza di130 cm, montati su sostegni di conglomerato cementizio armato prefabbricato e precompresso di dimensioni di cm 8x8 e posti ad interasse di cm 250, con fili di irrigidimento e tiranti, ancorati al terreno mediante blocco di base in conglomerato cementizio con classe di resistenza C16/20 e delle dimensioni di cm 25x25x50. I sostegni in cemento armato precompresso dovranno essere in grado di sopportare una forza orizzontale in sommità di 100 daN.

I cancelli pedonali dovranno essere muniti di serratura.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

Sulla recinzione dovranno essere predisposti cartelli monitori di cm 25x15 ogni 100 m in materiale plastico pesante di colore nero con stampate in rilievo la dicitura di colore bianco: "Proprietà RFI Vietato l'accesso".Quanto detto per i cartelli monitori vale anche per le tipologie di recinzione descritte ai successivi punti.

16.6.5.2. Recinzione formata con lastre prefabbricate in c.a. vibrato

La recinzione sarà formata con lastre prefabbricate in c.a. vibratodello spessore di 6 cm, con una faccia liscia e una nervata, posta in opera a incastro in pilastri prefabbricati in c.a. vibrato con sezione a doppio T.

I pilastri devono essere posti ad interasse di 3,10 m e fissati al terreno per un'altezza non inferiore a 0,50 m mediante blocco di base o cordolo di fondazione in conglomerato cementizio.

Tutte le connessioni devono essere sigillate con malta cementizia.

16.6.5.3. Recinzione con muretto di base e sovrastante grigliato

Il muretto sul quale andrà montata la recinzione sarà in cemento armato, a faccia a vista.

La parte fuori terra di detto muro non sarà inferiore a 70 cm e non sarà superiore a 100 cm e avrà una larghezza di 30 cm.

Nel muro di cui sopra andranno incastrate le piantane in ferro piatto a sostegno degli elementi modulari della griglia.

L'altezza del grigliato sarà di 1,70 m circa; l'interasse delle piantane sarà, di norma, pari a 2m..

Il peso del grigliato sarà di 15 Kg/m 2 ± 20% e comunque in conformità ai documenti di progetto.

Sia le piantane che il grigliato saranno protetti con un trattamento protettivo di zincatura a caldo conforme alle norme UNI EN ISO 1461 - 2009. La bulloneria per il fissaggio dei pannelli alla piantana dovrà essere in acciaio inox, antifurto con dado a strappo.

16.6.5.4. Recinzione con muretto e sovrastante rete elettrosaldata zincata

Il muretto avrà caratteristiche uguali a quelle descritte per la recinzione del tipo precedente.

Le piantane per questo tipo di recinzione, la cui altezza misurata dalla sommità del muretto sarà di 1,80 m, saranno poste a un interasse di metri 1,50.

La rete elettrosaldata da infiggere sarà zincata a caldo e avrà diametro spaziatura dei ferri tale da raggiungere il peso di 3,5 Kg/m^2 ± 15%.

16.6.5.5. Recinzione con paletti in profilato di ferro e rete zincata

Sarà costituita da:

- paletti intermedi in profilato di acciaio (A34UNI EN 10048) zincato, con sezione ad T 40 x 40 mm, di spessore 5 mm, con altezza 170 cm e interasse pari a 2,5 m. Saranno fissati nel terreno per una profondità di m 0,50 mediante blocco di cemento magro a rapida presa aventi dimensioni minime 25 x 25 x 50 cm;
- rete a maglia quadra 60 x 60 elettrosaldata, in filo zincato crudo 3 mm, per un'altezza totale, comprese le sporgenze, di m 1,85, del peso di circa Kg 7/m^2 completo di n 3 fili di tensione in acciaio zincato.

La recinzione sarà completata dai fili per legature, dai bulloni in acciaio zincato, compreso gli scavi e il calcestruzzo per le fondazioni.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

16.6.6. BARRIERE ANTIVENTO

Le barriere antivento, da posizionare e costruire in accordo con lo standard "Barriere antivento per impieghi ferroviari", codifica RFI DTC ICI CS RS 01 11, sono costituite da una struttura di sostegno (montante) e pannelli in distribuzione spaziale.

Tale barriera potrà essere utilizzata su linee ferroviarie con velocità V≤300 km/h., con velocità del vento prevista< di 45m/s (162 km/h), e con caratteristiche geotecniche del terreno non inferiori di quelle adottate in progetto.

16.6.6.1. Materiali

I materiali costituenti le barriera dovranno corrispondere alle caratteristiche seguenti.

16.6.6.1.1. Acciai da carpenteria

- Acciaio per montanti metallici, piastre e irrigidenti saldati tipo S355J2 UNI EN 10025
- Acciaio per montanti metallici, piastre e irrigidenti non saldati tipo S355J0 UNI EN 10025
- Acciaio per le lamiere dei pannelli tipo S355J0 UNI EN 10025

Le lamiere costituenti i pannelli, compresi i profili a C, devono essere piegate a caldo

16.6.6.1.2. Tirafondi

Barre interamente filettate con filettatura metrica ISO a passo grosso, di caratteristiche meccanicheequivalenti alla classe 8.8 secondo UNI EN ISO 898 parte I

- dadi con caratteristiche meccaniche equivalenti alla classe 8, conformi per le caratteristiche dimensionali alla UNI 14399-4;
- rosette in acciaio temperato e rinvenuto HV 300÷370 conformi per le caratteristiche dimensionali alla UNI 14399-6;
- coppie di serraggio tali da garantire un tiro pari al 60% dei valori della NTC 2008.

Barra filettata, dado e rosetta dovranno essere forniti da un unico produttore

I tirafondi dovranno essere montati con una rosetta sotto il dado e con dado e controdado

16.6.6.1.3. Rivetti

Rivetti a strappo a testa tonda UNI 9202 – 2011 in acciaio inox AISI 304

16.6.6.1.4. Saldature

Le saldature dovranno essere eseguite e controllate nel rispetto della Istruzione FS 44/S, con le seguenti precisazioni:

- tra i procedimenti di saldatura applicabili di cui al punto II.3.3 si può utilizzare anche il filo continuo pieno, purché le saldature siano prive di difetti, quali incollature, ben raccordate al piedee comunque previo consenso dell'Ente preposto al controllo delle saldature
- relativamente ai controlli, fermo restando che il costruttore dovrà eseguire e certificare i controlli visivi, dimensionali e magnetoscopici nelle percentuali previste al punto II.9.1 e II.9.2, in sede di collaudo,

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

trattandosi di produzione di serie, l'Ente preposto ai controlli potrà definire nelle specifiche tecniche da approvare per ciascun fornitore, delle percentuali variabili in funzione degli esiti degli accertamenti su lotti simili, fatto salvo che la certificazione (nel rispetto della FS44/S) dovrà essere relativa a tutti i lotti di produzione da spedire in cantiere.

Le saldature si intendono continue e a cordone d'angolo (salvo diversa indicazione).

16.6.6.1.5. Rivestimenti protettivi

Tutte le parti metalliche dovranno essere sottoposte a zincatura a caldo in accordo a quanto riportatonella norma UNI EN ISO 1461.

Tirafondi zincati a caldo in accordo a quanto riportato nella norma UNI EN ISO 10684.

Ulteriore trattamento protettivo della superficie con cicli omologati come da Istruzione FS 44/V.

16.6.6.1.6. Prove sui materiali

Tutti i materiali impiegati relativi ai montanti, alle piastre e ai pannelli dovranno essereapprovvigionati in accordo al D.M. 14/01/2008 e dovranno avere la marcatura CE. Sugli stessidovranno essere eseguite 3 prove ogni 30 ton (o frazione) per materiali omogenei, avendo curacomunque di provare almeno un campione per ogni singola colata approvvigionata.

Per quanto riguarda tirafondi, bulloni ed elementi diversi, gli stessi potranno essere forniti di uncertificato di controllo secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 10204 punto 3.1. Suquesti ultimi FERROVIE si riserva di eseguire prove integrative (trazione, resilienza, durezza, ecc.).

Controllo dei materiali lavorati

Prima della spedizione in opera, gli elementi costruiti dovranno essere sottoposti da parte dipersonale FS, oltre ai controlli previsti sulle saldature, ai controlli dimensionali e visivi, nonché aquelli sul rivestimento in ragione del 30% degli elementi prodotti per ciascun lotto di produzione;tali controlli potranno essere estesi in funzione dell'esito dei controlli, fino al 100% degli elementistessi.

Le tolleranze di tutti i materiali lavorati dovranno essere in linea con quelle previste nelle normativedi riferimento dei singoli elementi costituenti.

Controllo in opera

Dopo il montaggio in opera saranno effettuate a campione da parte delle FS verifiche diposizionamento dei montanti e delle coppie di serraggio; tali controlli potranno essere estesi infunzione dell'esito degli stessi, fino al 100% degli elementi stessi. Infine saranno effettuati controllisulla finitura del rivestimento.

Deve essere curata la verticalità dei montanti; è ammesso uno scostamento massimo di 5 mm,misurato in sommità, sia nel senso trasversale che longitudinale della barriera.

16.6.6.2. Conglomerato cementizio

Le caratteristiche dei conglomerati cementizi, da utilizzare per la realizzazione delle fondazioni delle barriere antivento, sono contenute nella Sezione 6 – Opere in conglomerato cementizio - del presente Capitolato.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

16.6.6.3. Acciaio per cemento armato

Per il cemento armato saranno previsti i seguenti acciai:

- Acciaio tipo B450C ad aderenza migliorata saldabile qualificato per cemento armato (barre e retielettrosaldate);
- Per tutti gli acciai per conglomerato cementizio armato valgono le seguenti prescrizioni:

f/y = tensione nominale di snervamento = 450 N/mm²

f/t = tensione nominale di rottura = 540 N/mm²

16.6.6.4. Acciaio da carpenteria metallica per micropali

ACCIAIO S275JR UNI EN 10025/05 (f/yk=275 N/mm2, f/tk=430 N/mm2)

16.6.6.5. Operazioni di montaggio

16.6.6.5.1. Messa in opera tirafondi

La tolleranza massima prevista per le seguenti grandezze:

- distanza relativa fra i baricentri delle coppie di tirafondi
- distanza fra il baricentro delle coppie di tirafondi e bordo del manufatto: ±5 mm.

Per la corretta messa in opera dei tirafondi si può utilizzare una "doppia dima" (asta di stanziatrice).

16.6.6.5.2. Messa in opera del montante

Il montante è costituito da un HEA180 di lunghezza circa 3.00m alla cui estremità è saldata una piastra di base opportunamente irrigidita per consentirne l'ancoraggio alle sottostrutture tramite tirafondi. Si tratta di manufatti relativamente leggeri e pertanto facilmente movimentabili. Gliaspetti di maggiore rilievo nella messa in opera del montante sono quelli legati al conseguimentodella verticalità.

Posizionamento montanti:

- A partire dal punto iniziale del tracciamento, tendere un filo ogni 10 m, utilizzando perquesta operazione due chiodi infissi nel plinto in c.a. come estremi di ancoraggio del filo.L'altezza di cui deve essere sollevato il filo lungo il chiodo rispetto all'estradosso del plinto é pari a 20 mm, in modo che tale altezza dal plinto rimanga costante (ved. Fig. 16.6.1).
- Tagliare un elemento di legno a forma di parallelepipedo avente base 40x40 mm e altezza pari alla distanza tra il filo e l'estradosso plinto.
- Posizionare l'elemento in legno al centro della piastra. Posizionare la colonna collocandola piastra di base stessa sui tirafondi già inghisati, in modo che la piastra/colonna poggisull'elemento in legno e la verticalità della colonna stessa (bolla verticale) sia regolataagendo sui dadi di serraggio.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

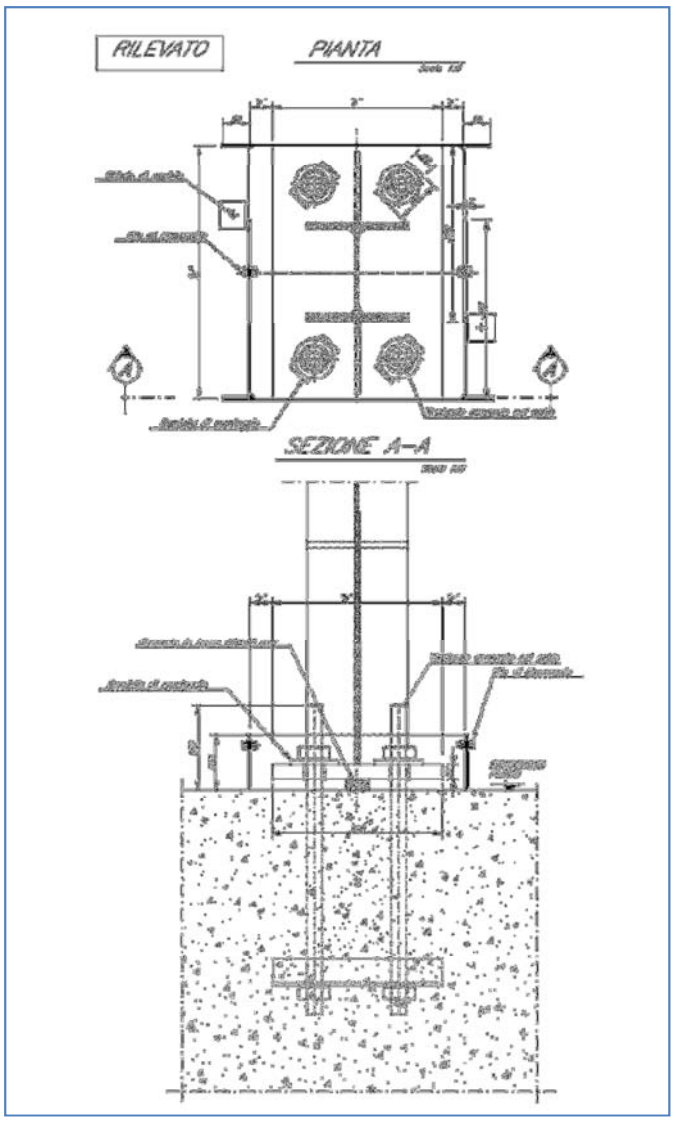


Fig. 16.6.1 Posizionamento montanti e realizzazione baggiolo di allettamento.

Realizzazione del baggiolo di allettamento

- Dopo aver posizionato definitivamente le colonne, posizionare il cassero in modo tale dalasciare una distanza di circa 40 mm lateralmente dalla piastra di inghisaggio per ogni lato.
- Realizzare il baggiolo per colaggio di malta fluida.
- Dopo aver atteso il tempo sufficiente di maturazione della malta, scasserare, togliere la rondella utilizzata per il montaggio ed inserire in serie la rondella dielettrica, la rondellaspeciale, la rondella standard e il dado.
- Serrare i dadi con la coppia di progetto.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI

- Riserrare dopo 10 e 20 giorni.
- Serrare il controdado sul dado con una coppia pari al 10% della coppia del dado.
- Inserire la piastrina con funzione di antisvitamento, fissata con vite dielettrica alla piastradi base.

16.6.6.5.3. Messa in opera dei pannelli

Una volta predisposti i montanti, si procede alla messa in opera dei pannelli già assemblati come descritto nei paragrafi precedenti e già muniti di guarnizione, (ved. Fig. 16..6.2). Questi verranno calati dall'alto mediante adeguati dispositivi di sollevamento, operando dal lato esterno binario o dal lato interno. Per agevolare la messa in opera dei pannelli e non rovinarne le guarnizioni, saranno predisposte delle guide laterali in lamiera con spigoli arrotondati da istallare sulla testa del montante, che forniscono un invito per far si che il pannello si posizioni nell'apposito spazio tra le ali del profilo HEA180.

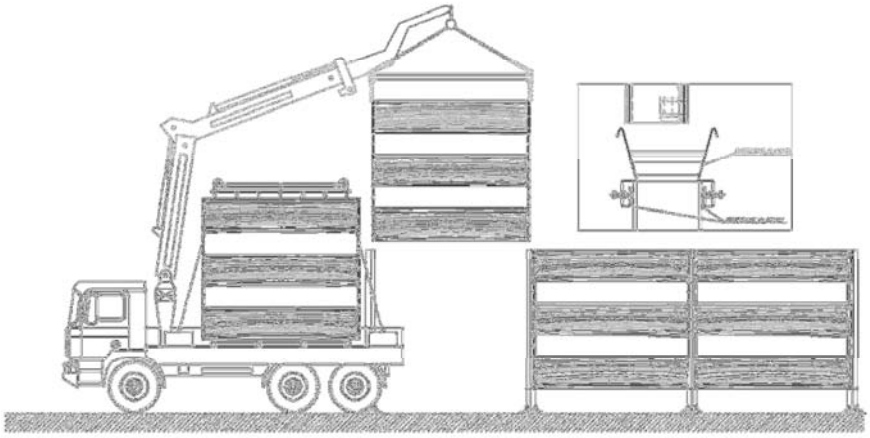


Figura 16.6.2 –Messa in opera pannello.

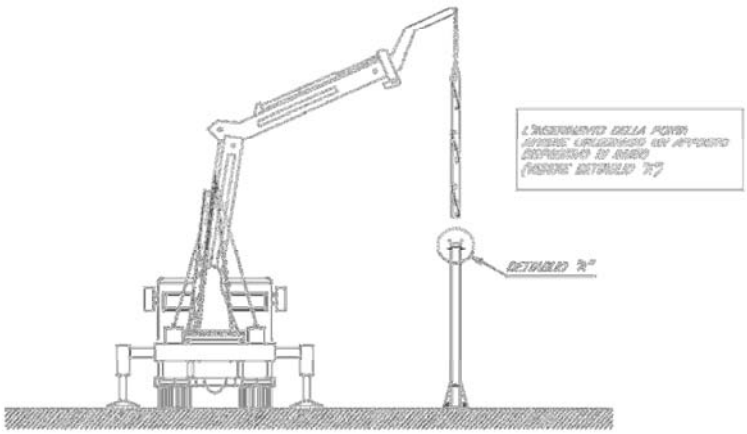


Figura 16.6.3 –Messa in opera pannello.

16.7. COLLAUDI

Tutte le opere saranno soggette, per quanto necessario e di pertinenza, a Collaudi Statici, Collaudi Tecnici-Amministrativi, Certificati di Regolare Esecuzione secondo quanto prescritto dalle attuali normative vigenti in materia.

e-POD banca dati documentale RFI - download effettuato da s.cumerlato il 29/07/2015 10:23:31 - stato di vigenza: IN VIGORE - livello di riservatezza Utenti interni RFI