



**REGIONE
LAZIO**

**DIREZIONE REGIONALE INFRASTRUTTURE,
AMBIENTE E POLITICHE ABITATIVE**

**LAVORI DI RIPRISTINO DELL'OFFICIOSITA' DEL FOSSO DI
PRATOLUNGO COMPRESA LA M.S. DELL'ALVEO E LA COSTITUZIONE
DI OPPORTUNE OPERE DI ACCUMULO E
LAMINAZIONE DELLE PIENE - II LOTTO**

**PROGETTO ESECUTIVO
PERIZIA DI VARIANTE E SUPPLETIVA**

**ELABORATI TECNICO - ECONOMICI
Capitolato. Aggiornamento nuove lavorazioni**

IMPRESA DI COSTRUZIONE:
ATI:

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Dott. Dario Maturro



(capogruppo)



(mandante)

PROGETTISTI:

DIREZIONE DEI LAVORI
Ing. Severino Marasco



(mandataria)
Prof. Ing. Marco Petrangeli
Ing. Geol. Massimo Pietrantonì



(mandante)
Ing. Luciano Landolfi
Ing. Roberto De Gennaro
Ing. Antonio Petti

STUDI GEOLOGICI:

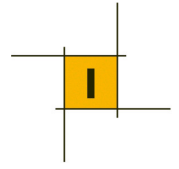
Ing. Geol. Massimo Pietrantonì

CODICE ELABORATO	RIFERIMENTO ELABORATO		SCALA
	File name:		
	R	IN 122 TE - RE 101 - R 2	RIN122TE-RE101-R2
			-

rev	Data	Redazione	Verifica	Approvazione	Visto committente	Descrizione
0	11/2013	L. Galloppa	M. Pietrantonì	M. Petrangeli		
1	11/2013	L. Galloppa	M. Pietrantonì	M. Petrangeli		Istruttoria Direzione Generale Dighe
2	08/07/2015	L. Galloppa	M. Pietrantonì	M. Petrangeli		Ottemperanza prescrizioni. Consegna definitiva

INDICE

1	GENERALITA' E NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
2	PALI DI FONDAZIONE	5
3	DIAFRAMMI IN CONGLOMERATO PLASTICO REALIZZATI CON PALI SECANTI.....	17
4	DIAFRAMMI IN CONGLOMERATO ARMATO REALIZZATI CON PALI SECANTI.....	20
5	TELO IN HDPE SUL PARAMENTO DI MONTE DELLA DIGA	21
6	CAMPI PROVA PER LA FORMAZIONE DELLA DIGA IN TERRA	25



1 GENERALITA' E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nel presente documento sono descritte le norme tecniche per l'esecuzione dei lavori relativi alle voci inserite nel progetto esecutivo di variante e non comprese nel capitolato speciale d'Appalto a base di gara.

Il presente documento rappresenta quindi un Addendum al documento di gara che costituisce un documento contrattuale.

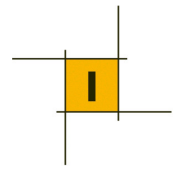
Le lavorazioni comprese in questo documento sono

- 1) Pali di fondazione
- 2) Diaframmi plastici realizzati con la tecnologia dei pali secanti
- 3) Diaframmi in calcestruzzo armato realizzati con la tecnologia dei pali secanti
- 4) Manto impermeabile (telo in HDPE) sul paramento di monte della diga
- 5) Modalità esecutive dei "campi-prova" per la realizzazione dei rilevati della diga in terra

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la costruzione si farà riferimento alla seguente normativa.

- D.P.R. 1° novembre 1959, n. 1363. Approvazione del regolamento per la compilazione dei progetti, la costruzione e l'esercizio delle dighe di ritenuta.
- D.M. 24 marzo 1982: Norme tecniche per la progettazione e la costruzione delle dighe di sbarramento
- D.M. 26 giugno 2014 . Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse).
- Norme Tecniche per le Costruzioni. DM 14 gennaio 2008.
- Circolare Ministeriale 02/02/2009 n.617 "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche".



2 PALI DI FONDAZIONE

2.1 DEFINIZIONI

a) Pali trivellati

Si definiscono pali trivellati quelli ottenuti per asportazione del terreno e sua sostituzione con calcestruzzo armato. Durante la perforazione la stabilità dello scavo può essere ottenuta con l'ausilio di fanghi bentonitici, ovvero tramite l'infissione di un rivestimento metallico provvisorio.

b) Pali trivellati ad elica continua

Si definiscono pali trivellati ad elica continua i pali realizzati mediante infissione per rotazione 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.

c) Pali con morsa giracolonna

Si definiscono pali con morsa giracolonna, i 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

2.2 PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO

2.2.1 SOGGEZIONI GEOTECNICHE E AMBIENTALI

2.2.1.1 Pali trivellati

Le tecniche di perforazione dovranno essere le più adatte in relazione alla natura del terreno attraversato; in particolare:

- la perforazione "a secco" senza rivestimento non sarà di norma ammessa; in casi particolari potrà essere adottata, previa informazione alla DIREZIONE LAVORI, solo in terreni fortemente cementati o argillosi caratterizzati da valori della coesione non drenata (c_u) che alla generica profondità di scavo (H) soddisfino la seguente condizione $c_u \geq \gamma H/3$, dove:

γ = peso di volume totale;

per i terreni fortemente cementati il valore della coesione sarà determinato con prova di compressione semplice.

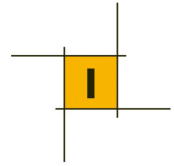
- la perforazione "a secco" è ammissibile solo dove possa essere eseguita senza alcun ingresso di acqua nel foro.

- la perforazione a fango non è di norma ammessa in terreni molto aperti, privi di frazioni medio-fini ($D_{10} > 4\text{mm}$).

2.2.1.2 Pali trivellati ad elica continua

La tecnica di perforazione è adatta a terreni di consistenza bassa e media, con o senza acqua di falda.

In terreni compressibili, nelle fasi di getto, dovranno essere adottati i necessari accorgimenti atti a ridurre o evitare sbulbature.



2.2.2 PROVE PRELIMINARI

La scelta delle attrezzature di scavo o di battitura ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere comunicati dall'APPALTATORE alla DIREZIONE LAVORI.

Se richiesto dalla DIREZIONE LAVORI, in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera o soggezioni ambientali, l'idoneità di tali attrezzature e l'adeguatezza delle modalità esecutive dovranno essere verificate mediante l'esecuzione di prove preliminari su campo prova..

2.2.3 TOLLERANZE

I pali dovranno essere realizzati nella posizione e con le dimensioni di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto:

- coordinate planimetriche del centro del palo (rispetto al diametro del palo) $\pm 10\%$ (max 5 cm);
- verticalità $\pm 2\%$;
- lunghezza:
 - o pali aventi diametro < 600 mm ± 15 cm
 - o pali aventi diametro > 600 mm ± 25 cm
- diametro finito $\pm 5\%$
- quota di testa palo ± 5 cm.

2.2.4 MATERIALI

Le prescrizioni che seguono sono integrative di quelle di cui alla sezione sulle Opere in Conglomerato Cementizio che si intendono integralmente applicabili.

2.2.4.1 Armature metalliche

Le armature metalliche saranno di norma costituite da barre ad aderenza migliorata; le armature trasversali dei pali saranno costituite unicamente da spirali in tondino esterne ai ferri longitudinali.

I pali dovranno essere armati per tutta la lunghezza.

Le armature verranno pre-assemblate fuori opera in "gabbie"; i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro o con morsetti. Nel caso di utilizzo di acciaio saldabile ai sensi del D.M. 14/1/2008 è possibile ricorrere alla saldatura (puntatura) delle staffe, o dei cerchioni irrigidenti con i ferri longitudinali, al fine di rendere le gabbie d'armatura in grado di sopportare le sollecitazioni di movimentazione.

In questo caso devono essere rispettate le prescrizioni riportate nel capitolo sull'acciaio d'armatura per c.a e c.a.p. relative alle verifiche da eseguire per accertarsi che la saldatura non abbia indotto riduzioni di resistenza nelle barre.

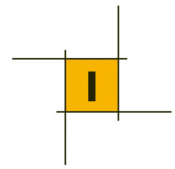
Gli elettrodi o i fili utilizzati devono essere di composizione tale da non introdurre fenomeni di fragilità.

Le armature trasversali dovranno contrastare efficacemente gli spostamenti della barre longitudinali verso l'esterno; le staffe dovranno essere chiuse e risvoltate verso l'interno.

L'interasse delle staffe non dovrà essere superiore a 20 cm ed il diametro dei ferri non inferiore a 10 mm. Non è consentito l'uso delle armature elicoidali ove non siano fissate solidamente ad ogni spira a tutte le armature longitudinali intersecate.

In corso d'opera la frequenza dei prelievi per le prove di verifica di cui sopra, sarà di 3 campioni di barra longitudinale e di staffa ogni 500 ml di gabbia.

L'armatura di lunghezza pari a quella del palo dovrà essere posta in opera prima del getto e mantenuta in posto senza poggiarla sul fondo del foro.



Al fine di irrigidire le gabbie d'armatura potranno essere realizzati opportuni telai cui fissare le barre di armatura. Detti telai potranno essere realizzati utilizzando barre lisce verticali legate ad anelli irrigidenti orizzontali; orientativamente, a seconda delle dimensioni e della lunghezza del palo, potrà provvedersi un cerchiante ogni 2,5÷3 m. Non si ammette di norma la distribuzione delle barre verticali su doppio strato; l'intervallo netto minimo tra barra e barra, misurato lungo la circonferenza che ne unisce i centri, non dovrà in alcun caso essere inferiore a 7.5 cm. Le gabbie di armatura saranno dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo di 4-5 cm rispetto al rivestimento definitivo, o di 6-7 cm rispetto al diametro nominale del foro, nel caso di pali trivellati. Per i distanziatori in plastica, al fine di garantire la solidarietà col calcestruzzo, è necessario verificare che la loro superficie sia forata per almeno il 25%. I centratori saranno posti a gruppi di 3-4 regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di 3-4 m.

Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine e dovranno essere messe in opera prima del getto; ove fosse necessario, è ammessa la giunzione, che potrà essere realizzata mediante sovrapposizione non inferiore a 40 diametri, mediante impiego di un adeguato numero di morsetti.

2.2.4.2 Rivestimenti metallici

Le caratteristiche geometriche dei rivestimenti, sia provvisori che definitivi, saranno conformi alle prescrizioni di progetto. Le caratteristiche meccaniche e di rigidità (spessore ed inerzia) dovranno essere sufficienti a consentire il trasporto, il sollevamento e l'infissione senza che gli stessi subiscano danni, ovalizzazioni etc.

Per i pali battuti, infissi senza alcuna asportazione di terreno, il dimensionamento dei tubi di rivestimento potrà essere fatto con il metodo dell'onda d'urto.

I rivestimenti definitivi dei pali infissi e gettati in opera dovranno avere la base piatta e saldata al fusto in modo da resistere alle sollecitazioni di battitura e di ribattitura, evitare infiltrazioni di acqua e non avere sporgenze esterne. Nel caso di pali da realizzare in ambienti aggressivi la superficie esterna del palo dovrà essere rivestita con materiali protettivi adeguati (ad esempio vernici a base di poliuretano - catrame), da concordare con la DL.

2.2.4.3 Conglomerati cementizi

I calcestruzzi saranno conformi a quanto prescritto nei disegni di progetto e nella sezione sui cementi armati. La dimensione massima degli inerti, inoltre, dovrà essere tale che

$$D_{max} * 2.5 \leq i_{min}$$

dove i_{min} è il valore minimo del passo fra le barre longitudinali.

2.2.4.4 Fanghi bentonitici

La bentonite avrà le caratteristiche minime indicate in tabella seguente.

CARATTERISTICHE E LIMITI DI ACCETTABILITÀ
DELLA BENTONITE IN POLVERE

- Residuo al vaglio da 10.000 maglie cm ²	<= 1%
- Tenore di umidità	<= 15%
- Limite di liquidità	>=400%
- Viscosità Marsh della sospensione al 6% in acqua distillata	>= 40"
- Decantazione della sospensione al 6% in 24 ore	<= 2%
- Acqua separata per pressofiltrazione di 450 cc della sospensione al 6% in 30' a 7 bar	<= 18 cc
- pH dell'acqua filtrata	7 <=pH <= 9
- Spessore del cake sul filtro della filtro-prensa	<= 2.5 mm

La scelta del tipo di bentonite, certificato dal fornitore, è assoggettata alla sua affinità con le caratteristiche chimico-fisiche del terreno di scavo e dell'acqua di falda.

Preparazione fanghi bentonitici

I fanghi saranno ottenuti per idratazione della bentonite sopra descritta in acqua chiara di cantiere, con eventuale impiego di additivi non flocculanti. Il dosaggio di bentonite, in peso, deve risultare di norma compreso fra il 4 ed il 7%. Variazioni in più o in meno saranno stabilite, in sede esecutiva, in relazione ad eventuali problematiche di confezionamento o di appesantimento durante la perforazione.

L'impianto di preparazione del fango sarà costituito da:

- dosatori - mescolatori automatici (è ammesso, l'impiego di mud - hopper);
- silos di stoccaggio della bentonite in polvere;
- vasche di agitazione, maturazione e stoccaggio del fango fresco prodotto;
- relative pompe e circuito di alimentazione e di recupero fino agli scavi;
- vasche di recupero;
- dissabbiatori;
- vasca di raccolta della sabbia e di sedimentazione del fango non recuperabile.

Il fango verrà ottenuto miscelando, fino ad ottenere una sospensione finemente dispersa, i seguenti componenti:

- acqua dolce di cantiere;
- bentonite in polvere;
- additivi eventuali (disperdenti, sali tampone, etc.).

Dopo la miscelazione la sospensione verrà immessa nelle apposite vasche di "maturazione" del fango, nelle quali essa dovrà rimanere per un tempo adeguato, prima di essere impiegata nella perforazione. Di norma la maturazione richiede da 6 a 12 ore.

Le caratteristiche del fango pronto per l'impiego dovranno essere comprese entro i limiti seguenti:

- peso specifico: non superiore a 1,1 t/m³
- viscosità Marsh: compresa fra 30" e 60"
- temperatura: > 5° C
- pH: 9-11

Controlli sul fango

Sul fango bentonitico saranno eseguite, con la frequenza e le modalità indicate sulla Specifica di Controllo Qualità, le prove di controllo atte a determinare i parametri di seguito specificati:

- caratteristiche della bentonite
- caratteristiche dell'acqua
- densità del fango bentonitico fresco
- densità, viscosità, temperatura e pH del fango bentonitico pronto per l'impiego
- caratteristiche del fango bentonitico nell'interno dello scavo, prima del getto; in caso di esito non soddisfacente l'APPALTATORE sostituirà, parzialmente od integralmente, il fango per ricondurlo alle seguenti caratteristiche:
- contenuto in sabbia del fango ≤ 5%
- densità ≤ 1,15 t/m³

2.2.5 MODALITA' ESECUTIVE

2.2.5.1 Pali trivellati con fanghi bentonitici

Attrezzatura

Per la perforazione saranno utilizzate attrezzature semoventi equipaggiate con rotary. L'utensile di scavo sarà il più idoneo in relazione alla natura e consistenza dei terreni da scavare. Numero, potenza e capacità operativa delle attrezzature dovranno essere tali da consentire la realizzazione dei pali nei tempi previsti alla luce delle condizioni ambientali, litologiche e idrogeologiche dei terreni da attraversare nonché alle dimensioni dei pali da eseguire.

Preparazione del fango bentonitico

Il fango bentonitico, dovrà essere preparato ed utilizzato in accordo alle modalità indicate in precedenza.

Perforazione

Se necessario, in corrispondenza di ciascun palo sarà posto in opera 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.

La distanza minima fra gli assi di due perforazioni attigue, in corso, appena ultimate o in corso di getto, dovrà essere tale da impedire eventuali fenomeni di interazione e comunque non inferiore ai 5 diametri. Qualora in fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del calcestruzzo, etc.), sarà necessario interrompere la perforazione alcuni metri prima ed ultimarla solo nell'imminenza del getto.

Una volta raggiunte le profondità previste dal progetto, si provvederà al sostituzione del fango di perforazione fino al raggiungimento dei prescritti valori del contenuto in sabbia, ed alla eventuale pulizia del fondo foro con gli utensili più adatti (es. cleaning bucket).

Per la rimonta del fango di perforazione da sostituire prima del getto, si potrà utilizzare uno dei seguenti sistemi:

- eiettore (air lifting);
- pompa sommersa per fanghi;
- pompa-vuoto applicata in testa al tubo-getto.

Nel caso di presenza nel terreno di trovanti lapidei o di strati rocciosi o cementati e per conseguire un adeguato immersionamento in sub-strati di roccia dura si potrà ricorrere all'impiego di scalpelli frangiroccia azionati a percussione, di peso e forma adeguati alla natura dell'ostacolo e comunque dotati alla sommità di un anello di forma appropriata per la guida dell'utensile.

In alternativa all'uso dello scalpello possono essere utilizzate eliche da roccia aventi spirali rinforzate e denti idonei allo stato di fessurazione della roccia da perforare.

L'impiego dello scalpello comporterà l'adozione di un rivestimento provvisorio, spinto sino al tetto della formazione lapidea, allo scopo di evitare urti e rimbalzi laterali dello scalpello contro le pareti del foro.

Armature

Completata la perforazione si provvederà alla posa in opera della gabbia, preassemblata, in conformità con le specifiche di cui al punto 9.2.4.1.

Nel caso che il palo attraversi strati sede di falda acquifera in movimento, con pericolo di dilavamento del calcestruzzo in fase di maturazione, in corrispondenza di questi strati la gabbia sarà avvolta da una camicia tubolare di lamierino in acciaio di spessore non inferiore a 1 mm.

Getto del calcestruzzo

Il getto del calcestruzzo avverrà impiegando il tubo di convogliamento. Esso sarà costituito da sezioni non più lunghe di 3.00 m di tubo in acciaio avente diametro interno 20÷26 cm.

L'interno del tubo sarà 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 sarà provvisto, all'estremità superiore, di una tramoggia di carico avente una capacità di almeno 0.5÷0.6 mc, e mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento.

Prima di installare il tubo getto sarà eseguita una ulteriore misura del fondo foro; qualora lo spessore del deposito superi i 20 cm si provvederà all'estrazione della gabbia d'armatura e alle operazioni di pulizia.

Il tubo di convogliamento sarà posto in opera arrestando il suo piede a 30,60 cm dal fondo della perforazione; al fine di evitare azioni di contaminazione o dilavamento del primo calcestruzzo gettato, prima di iniziare il getto si disporrà entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo formato da un involucro di carta o plastica, riempito con vermiculite granulare, palline di polistirolo o sabbia.

Durante il getto il tubo convogliatore sarà opportunamente manovrato per un'ampiezza di 20 , 30 cm, in modo da favorire l'uscita e la risalita del calcestruzzo evitando altresì la segregazione della malta dagli inerti. Previa verifica del livello raggiunto, utilizzando uno scandaglio metallico a fondo piatto, nel corso del getto il tubo di convogliamento sarà accorciato per tratti successivi, sempre conservando un'immersione minima nel calcestruzzo di 2.0 m.

Il getto di calcestruzzo dovrà essere portato ad almeno 0.5 , 1.0 m al di sopra delle quote di progetto della testa palo per consentire di eliminare la parte superiore del palo (scapitozzatura).

All'inizio del getto si dovrà disporre di un volume di calcestruzzo pari a quello del tubo di getto e di almeno 3 o 4 m di palo. E' prescritta una cadenza di getto non inferiore a 15 m³/ora. Durante le operazioni di getto, al termine dello scarico di ogni betoniera, l'APPALTATORE dovrà verificare la quota di riempimento del palo in modo di avere un immediato raffronto fra la quota teorica e la quota raggiunta.

Controlli e documentazione

Per ciascun palo l'APPALTATORE dovrà redigere una scheda indicante:

- numero progressivo del palo (riferito ad una planimetria)
- dati tecnici dell'attrezzatura
- profondità di perforazione
- informazioni relative alla stratigrafia locale
- volumi e grafico del getto.

In presenza di anomalie e/o differenze rispetto alla stratigrafia prevista, qualora le condizioni reali risultino inferiori a quelle di progetto, l'APPALTATORE procederà al riesame della progettazione ed adotterà gli opportuni provvedimenti concordandoli con la DIREZIONE LAVORI.

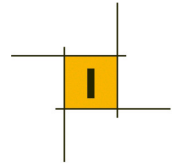
2.2.5.2 Pali trivellati con rivestimento provvisorio

Attrezzature

a Escavatori

Valgono le specifiche di cui al punto 2.2.5.1.

b Morsa muovi-colonna



La morsa dovrà essere costituita da un telaio rigido di supporto, sul quale viene posto un collare metallico, a 3 settori, dotato di un martinetto di chiusura per il serraggio della colonna di rivestimento. Sul telaio di supporto, collegato all'escavatore, saranno montati:

- 2 martinetti di oscillazione, sincronizzati, che imprimono un movimento rotatorio alla colonna
- 2 martinetti di infissione ed estrazione della colonna, a funzionamento indipendente, che consentono anche di correggere eventuali deviazioni della colonna

Il diametro nominale del collare dovrà corrispondere al diametro del palo. Sarà consentito l'impiego di opportune riduzioni. 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.

c Vibromorsa

Le caratteristiche del vibratore (momento di eccentricità, numero di vibrazioni per minuto, forza centrifuga all'avvio, ampiezza ed accelerazione del minimo) saranno scelte dall'APPALTATORE in relazione alle prestazioni da ottenere, eventualmente anche a seguito di prove tecnologiche preliminari.

d Utensile di scavo

Per lo scavo entro la colonna di rivestimento provvisoria si utilizzerà l'utensile più adatto al tipo di terreno, prevedendo ove necessario l'impiego di scalpello ad elevata energia demolitrice.

Tubi-forma

La tubazione sarà costituita da tubi di acciaio, di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni connessi tra loro mediante innesti speciali del tipo maschio/femmina. L'infissione della tubazione di rivestimento sarà ottenuta imprimendole un movimento rototraslatorio mediante adeguata 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 di adeguata potenza. In questo secondo caso la tubazione potrà essere suddivisa in spezzoni ma anche essere costituita da un unico pezzo di lunghezza pari alla profondità del palo. E' ammessa la giunzione per saldatura degli spezzoni, purché non risultino varchi nel tubo che possono dar luogo all'ingresso di terreno.

Perforazione

La perforazione non dovrà essere approfondita al disotto della scarpa del tubo di rivestimento.

Nel caso di presenza di falda, il foro dovrà essere costantemente tenuto pieno d'acqua (o eventualmente di fango bentonitico) con un livello non inferiore a quello della piezometrica della falda. Lo scavo all'interno sarà approfondito sino alla quota di progetto. L'infissione sotto-scarpa della colonna di rivestimento dovrà consentire di evitare rifluimenti a fondo foro.

Armature

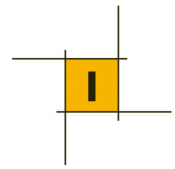
Si applicano le specifiche di cui al punto 2.2.4.1.

Getto del calcestruzzo

Il getto avverrà conformemente alle specifiche di cui al punto 9.2.5.1 provvedendo altresì alla contemporanea estrazione del tubo-forma provvisorio, la cui scarpa dovrà restare sotto un battente minimo di calcestruzzo non inferiore a 3 m.

Controlli e documentazione

Si applicano le specifiche di cui al punto 2.2.5.1



2.2.5.3 Pali trivellati ad elica continua

Questo tipo di palo potrà essere utilizzato solo se esplicitamente previsto in progetto.

Attrezzature

Si utilizzeranno escavatori equipaggiati con rotary a funzionamento idraulico o elettrico montate su asta di guida, e dotate di dispositivo di spinta. L'altezza della torre e le caratteristiche della rotary (coppia, spinta) dovranno essere commisurate alla profondità da raggiungere. L'equipaggiamento di cantiere dovrà comprendere la disponibilità di pompe per calcestruzzo in numero adeguato ai ritmi di esecuzione dei pali.

Perforazione

La perforazione sarà eseguita mediante una trivella ad elica continua, di lunghezza e diametro corrispondenti alle caratteristiche geometriche dei pali da realizzare. L'anima centrale dell'elica deve essere cava, in modo da consentire il successivo passaggio del calcestruzzo. All'estremità inferiore dell'anima sarà posta una punta a perdere, avente lo scopo di impedire l'occlusione del condotto.

La perforazione avverrà di norma regolando coppia e spinta in modo da avere condizioni di infissione prossime ai perfetto avvitemento. In ogni caso il volume di terreno estratto per caricamento della trivella deve essere 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'APPALTATORE, con l'accordo della DIREZIONE LAVORI potrà:

- eseguire prefori di diametro inferiore al diametro nominale di pali;
- ridurre la lunghezza di perforazione.

Armatura

L'armatura verrà inserita entro l'anima della trivella elicoidale, il cui diametro interno deve essere congruente con il diametro della gabbia di armatura. All'interno della gabbia dovrà essere inserito un adeguato mandrino, da tenere contrastato sul dispositivo di spinta della rotary per ottenere l'espulsione del fondello a perdere, con effetto di precarica alla base del palo. La gabbia dovrà essere costruita in conformità con il disegno di progetto e nel rispetto delle specifiche di cui al punto 2.2.4.1.

Getto del calcestruzzo

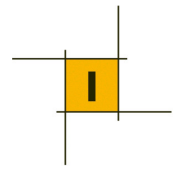
Il calcestruzzo verrà pompato pneumaticamente entro il cavo dell'asta di perforazione che verrà progressivamente estratta, di norma senza rotazione. La cadenza di getto deve assicurare la continuità della colonna di conglomerato. Pertanto l'estrazione dell'asta di trivellazione deve essere effettuata ad una velocità congruente con la portata di calcestruzzo pompato, adottando tutti gli accorgimenti necessari ad evitare sbulbature, ovvero a evitare interruzioni del getto.

In particolare il circuito di alimentazione del getto dovrà essere provvisto di un manometro di misura della pressione. Durante l'operazione si dovrà verificare che la pressione sia mantenuta entro l'intervallo di 50÷150KPa. Il getto dovrà essere prolungato fino a piano campagna, anche nei casi in cui la quota finita del palo sia prevista a quota inferiore.

Controlli e documentazione

Per ogni palo eseguito l'APPALTATORE dovrà redigere una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- n. progressivo del palo (riferito ad una planimetria)
- profondità di perforazione
- osservazioni sulla stratigrafia locale



- tempi di perforazione per tratte successive di 5 m, e di 1 m nel tratto finale, secondo le istruzioni impartite dalla DIREZIONE LAVORI
- grafico dei tempi di perforazione
- spinta sul mandrino misurata durante l'estrazione della trivella
- volume di calcestruzzo gettato.

In caso di differenze stratigrafiche rispetto alla situazione nota, o di particolari anomalie riscontrate nei tempi di perforazione, qualora le condizioni reali risultino inferiori a quelle di progetto, l'APPALTATORE dovrà procedere al riesame della progettazione e dovrà definire gli eventuali necessari provvedimenti (quali modifica del numero e delle profondità dei pali, esecuzione di prefori, etc.) concordandoli con la DIREZIONE LAVORI.

2.2.5.4 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. 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 superficie 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 trascinarsi 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.

2.2.5.5 Pali compenetrati

I pali compenetrati per la realizzazione di paratie impermeabili, dovranno essere realizzati eseguendo con metodi tradizionali una prima serie di pali opportunamente distanziati e completando la paratia con una seconda serie di pali, che si compenetrano ai precedenti attraverso la tecnica della morsa giracolonna, descritta al punto precedente.

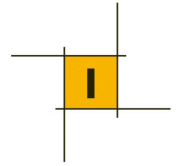
2.3 SPECIFICHE DI CONTROLLO QUALITA'

2.3.1 CAMPI DI APPLICAZIONE

La presente procedura è applicabile alle seguenti tipologie esecutive:

a) Pali di medio e grande diametro

- pali infissi,
- pali trivellati,
- pali ad elica continua



b) Micropali

- Cementati con iniezioni multiple
- A cementazione semplice

Il modello da applicare per la gestione e la certificazione dei controlli nelle fasi di fornitura dei materiali, posa in opera e collaudo è il PCQ completo dei relativi certificati.

2.3.2 PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO

2.3.2.1 Materiali

Pali da infissione prefabbricati in stabilimento

L'approvvigionamento di questi manufatti dovrà avvenire soltanto da fornitori preventivamente qualificati dall'APPALTATORE. Ogni lotto fornito dovrà essere accompagnato dalla normale certificazione di C.Q. normalmente prevista dal C.Q. interno del fornitore, già identificata nel corso delle prove di qualifica del fornitore ed inclusa nell'ordine di acquisto dell'APPALTATORE.

Manufatti sprovvisti di questa documentazione, non potranno essere posti in opera.

Pali infissi prefabbricati in cantiere

Per questo tipo di manufatto sono previsti i seguenti controlli:

a Armatura in ferro

Il ferro d'armatura dovrà provenire da ferriere qualificate e notificate alla DIREZIONE LAVORI con relativi certificati e comunque essere conforme alle prescrizioni previste per la specifica di confezionamento del calcestruzzo. Ogni lotto utilizzato dovrà essere accompagnato dai relativi certificati del fornitore per essere posto in opera. L'APPALTATORE dovrà assicurare la rintracciabilità del lotto di materiale utilizzato, per ogni palo prefabbricato.

b Calcestruzzo

Il calcestruzzo potrà provenire già preconfezionato da appositi fornitori prequalificati dall'APPALTATORE e notificati alla DIREZIONE LAVORI, oppure da centrali dbetonaggio dell'APPALTATORE. In entrambi i casi sono applicabili gli stessi controlli previsti per la specifica di C.Q. dei calcestruzzi.

c Confezionamento del palo

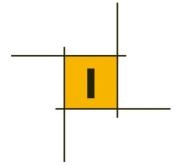
I controlli da eseguire durante il confezionamento saranno di tipo visivo e riguarderanno:

- corretta esecuzione delle armature in ferro come da punto 2.2.4.1.
- verifica della presenza dei certificati di prova riguardanti il calcestruzzo, come richiesto nella relativa specifica di C.Q.

Il responsabile dei controlli dell'APPALTATORE dovrà redigere per ogni lotto di armature e di pali confezionati un verbale di ispezione visiva, a cui saranno allegati i certificati relativi al calcestruzzo. Ogni lotto di pali dovrà essere sempre accompagnato dai certificati delle prove eseguite, realizzando una perfetta identificazione tra il lotto e la propria certificazione.

Rivestimenti metallici per pali infissi gettati in opera

La tipologia del rivestimento dovrà essere conforme al progetto approvato per ogni tipo di palo per i quali i rivestimenti sono utilizzati. L'APPALTATORE prequalificherà i fornitori. La qualifica dovrà essere trasmessa alla DIREZIONE LAVORI. I suddetti rivestimenti dovranno essere comunque conformi a quanto specificato al punto 2.2.4.2.



Per le camicie metalliche per le quali e' previsto un rivestimento protettivo il Responsabile di C.Q. dell'APPALTATORE dovrà redigere un verbale di accettazione di questi manufatti in cantiere, certificando dell'avvenuto controllo sulla presenza e integrità di questo rivestimento.

Conglomerati cementizi

Il calcestruzzo potrà provenire già preconfezionato da appositi fornitori prequalificati dall'APPALTATORE e notificato alla DIREZIONE LAVORI, oppure da centrali di betonaggio dell'APPALTATORE.

Ai conglomerati cementizi sono applicabili gli stessi controlli previsti per la specifica di C.Q. dei calcestruzzi.

In particolare il Responsabile di questa operazione deve prevedere un piano di preparazione e fornitura del conglomerato che sia in linea con il Piano di Costruzione e Fabbricazione dei pali.

Il Responsabile di C.Q. deve verificare che i due Piani di Fabbricazione e costruzione (dei pali e del calcestruzzo) siano tra di loro congruenti in modo da garantire la produzione giornaliera prevista per i pali.

Bentonite

Le caratteristiche della bentonite sono quelle specificate nella tabella precedente "Caratteristiche e limiti di accettabilità della Bentonite in polvere". Le caratteristiche in oggetto dovranno essere garantite dal fornitore con apposito certificato che accompagnerà ogni lotto di fornitura.

Il responsabile di C.Q. dovrà accertarsi all'atto dell'accettazione del lotto in cantiere che lo stesso sia accompagnato da questa certificazione e che la stessa sia conforme alle prescrizioni del presente Capitolato.

Il fornitore dovrà preventivamente essere qualificato dall'APPALTATORE e notificato alla DIREZIONE LAVORI.

Acqua per fanghi bentonitici

Il responsabile di C.Q. dovrà garantire le qualità dell'acqua mediante i seguenti controlli:

- individuazione della fonte di approvvigionamento e verifica della sua idoneità mediante l'esecuzione di analisi di laboratorio.
- Verifica della costanza delle qualità dell'acqua proveniente dalla fonte selezionata, mediante esecuzione settimanale delle analisi sopra richiamate e verifica della loro conformità alle specifiche.
- Qualsiasi cambiamento della fonte di approvvigionamento dovrà necessariamente comportare la ripetizione della procedura di qualifica della fonte, prima del suo utilizzo.
- il responsabile di C.Q. dovrà controllare settimanalmente i certificati di qualità dell'acqua ed archivarli in modo adeguato rendendoli disponibili a qualsiasi verifica della DIREZIONE LAVORI

La qualifica delle fonti di approvvigionamento dovrà essere notificata alla DIREZIONE LAVORI.

2.4 PROVE DI CARICO

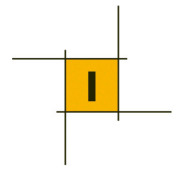
Le prove di carico saranno effettuate con le modalità previste nel DM14/1/2008 a meno di specifiche indicazioni contenute nel progetto. Il numero dei pali da sottoporre a prova è definito nel DM14/1/2008.

La D.L. dovrà in contraddittorio con l'Impresa, stabilire in anticipo su quali pali operare la prova di carico, ai fini dei controlli esecutivi.

Per nessun motivo il palo potrà essere caricato prima dell'inizio della prova; questa potrà essere effettuata solo quando sia trascorso il tempo sufficiente perché il palo ed il plinto abbiano raggiunto la stagionatura prescritta.

L'impresa dovrà presentare e sottoporre all'approvazione della DL un progetto dettagliato che illustri le modalità di contrasto, di carico e i criteri di esecuzione della prova.

Come prime indicazioni le prove potranno essere eseguite in uno dei seguenti modi.



Sul palo verrà costruito un plinto rovescio di calcestruzzo armato, avente la superficie superiore ben piantata e coassiale con il palo, sulla quale verrà posata una piastra di ferro di spessore adeguato; un martinetto di portata adeguata verrà posto tra detta piastra ed il carico di contrasto. Il carico di contrasto potrà essere realizzato con un cassone zavorrato, oppure con putrelle, rotaie, cubi di conglomerato cementizio od altro materiale di peso facilmente determinabile. Se invece la prova verrà realizzata utilizzando pali di reazione, dovranno essere costruiti fuori opera pali a perdere, e si fa divieto assoluto di utilizzare, per detta prova, i pali costituenti la fondazione dell'opera.

Inoltre i pali di reazione dovranno essere realizzati a distanza tale da non influenzare la fondazione dell'opera.

Il carico di contrasto supererà del 20% il carico di prova, affinché questo possa essere raggiunto, comunque, anche se l'incastellatura risultasse non centrata perfettamente rispetto al palo. Gli appoggi dell'incastellatura realizzata per l'esecuzione delle prove di carico saranno ampi e sufficientemente lontani dal palo di prova, ad evitare interferenze tra le tensioni provocate nel sottosuolo dal carico di contrasto e quelle provocate dal palo in prova.

Il martinetto idraulico da impiegare dovrà consentire di mantenere invariata la pressione del fluido per il tempo necessario alla prova; il manometro avrà una scala sufficientemente ampia in relazione ai carichi da raggiungere.

Il manometro ed i flessimetri verranno preventivamente tarati e sigillati presso un Laboratorio ufficiale, con relative curve di taratura.

I flessimetri saranno sistemati a 1200, a conveniente distanza dall'asse del palo; essi avranno una corsa sufficientemente ampia in relazione agli eventuali cedimenti. I cedimenti del palo in prova saranno assunti pari alla media delle letture dei flessimetri.

La Direzione dei Lavori si riserva, a prove di carico ultimate, di ricontrollare la taratura del manometro e dei flessimetri. Il carico finale verrà realizzato con incrementi successivi ed eguali.

Nel caso che venga realizzata la prova con cassone di zavorra, l'equilibrio di questo dovrà essere mantenuto stabile anche in prossimità del raggiungimento del carico massimo applicato.

Le modalità di applicazione e durata del carico e così pure la successione dei cicli di carico e scarico saranno prescritte dalla Direzione dei Lavori. Di ciascuna prova dovrà essere redatto apposito verbale, controfirmato dalle parti, nel quale saranno riportati tra l'altro: data ed ora di ogni variazione del carico, le corrispondenti letture dei flessimetri ed il diagramma carichi-cedimenti.

2.5 CONTROLLI ESECUTIVI.

L'Impresa, ai fini dell'accertamento della buona esecuzione dei pali, dovrà predisporre, ogni 50 pali con un minimo di n. 2 pali per ogni manufatto, quanto occorre per effettuare l'applicazione di metodi di accertamento indiretto (non distruttivo) quali: l'ammittenza meccanica; ecc... presentando alla Direzione dei Lavori la documentazione relativa al metodo prescelto, onde ottenere la preventiva approvazione.

3 DIAFRAMMI IN CONGLOMERATO PLASTICO REALIZZATI CON PALI SECANTI

Attrezzature

Si utilizzeranno macchinari equipaggiati con rotary a funzionamento idraulico o elettrico montate su asta di guida, e dotate di dispositivo di spinta.

L'altezza della torre e le caratteristiche della rotary (coppia, spinta) dovranno essere commisurate alla profondità da raggiungere. L'equipaggiamento di cantiere dovrà comprendere la disponibilità di pompe per calcestruzzo in numero adeguato ai ritmi di esecuzione dei pali

Perforazione

La perforazione sarà eseguita mediante una trivella ad elica continua, di lunghezza e diametro corrispondenti alle caratteristiche geometriche dei pali da realizzare. L'anima centrale dell'elica deve essere cava, in modo da consentire il successivo passaggio del calcestruzzo. All'estremità inferiore dell'anima sarà posta una punta a perdere, avente lo scopo di impedire l'occlusione del condotto.

La perforazione avverrà di norma regolando coppia e spinta in modo da avere condizioni di infissione prossime al perfetto avvitemento. In ogni caso il volume di terreno estratto per caricamento della trivella deve essere non superiore al volume teorico della perforazione.

Getto del calcestruzzo plastico

Il calcestruzzo plastico verrà gettato con la tecnologia CFA (continue flight auger) pompato pneumaticamente entro il cavo dell'asta di perforazione che verrà progressivamente estratta, di norma senza rotazione. Il calcestruzzo in pressione forza il dispositivo di chiusura alla base della trivella, e quindi riempie il vuoto, man mano che la trivella viene estratta.

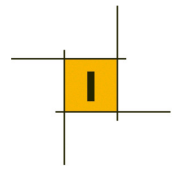
La cadenza di getto deve assicurare la continuità della colonna di conglomerato. Pertanto l'estrazione dell'asta di trivellazione deve essere effettuata ad una velocità congruente con la portata di calcestruzzo pompato, adottando tutti gli accorgimenti necessari ad evitare sbulbature, ovvero a evitare interruzioni del getto. In particolare il circuito di alimentazione del getto dovrà essere provvisto di un manometro di misura della pressione.

Durante l'operazione si dovrà verificare che la pressione sia mantenuta entro l'intervallo di 50 ÷150 KPa. Il getto dovrà essere prolungato fino a piano campagna, anche nei casi in cui la quota finita del palo sia prevista a quota inferiore.

Controlli e documentazione

Per ogni palo eseguito l'APPALTATORE dovrà redigere una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- n. progressivo del palo (riferito ad una planimetria)
- profondità di perforazione



- osservazioni sulla stratigrafia locale
- tempi di perforazione per tratte successive di 5 m, e di 1 m nel tratto finale, secondo le istruzioni impartite dalla DIREZIONE LAVORI
- grafico dei tempi di perforazione
- spinta sul mandrino misurata durante l'estrazione della trivella
- volume di calcestruzzo gettato.

In caso di differenze stratigrafiche rispetto alla situazione nota, o di particolari anomalie riscontrate nei tempi di perforazione, qualora le condizioni reali risultino inferiori a quelle di progetto, l'APPALTATORE dovrà procedere al riesame della progettazione e dovrà definire gli eventuali necessari provvedimenti (quali modifica del numero e delle profondità dei pali, esecuzione di prefori, etc.) concordandoli con la DIREZIONE LAVORI.

Esecuzione del diaframma con pali secanti

L'esecuzione dei diaframmi in conglomerato plastico deve avvenire secondo fasi di scavo e getto dei pali secanti, secondo le seguenti operazioni:

- 1) Costruzione di una correa di guida in cemento armato a conformazione compenetrata. Normalmente la correa viene realizzata mediante l'utilizzo di una cassaforma metallica con inserti a perdere in polistirolo: tali inserti visualizzano la futura posizione dei pali il cui interesse risulta inferiore al diametro degli stessi.
- 2) Perforazione dei pali "primari" con utilizzo di testa rotary principale a rotazione destrorsa e contemporaneo approfondimento di un tubo di rivestimento "rotoinfisso" con testa rotary secondaria a rotazione sinistrorsa. Il tubo di rivestimento ha alla sua base una scarpa tagliente realizzata in acciaio speciale in cui sono inserite delle placche di materiale duro (widia) che hanno lo scopo di rendere possibile l'attraversamento anche di blocchi, trovanti e calcestruzzo non armato. Nella perforazione viene comunemente usato un singolo elemento di tubo di rivestimento.
- 3) Terminata la perforazione del palo si prosegue con il getto realizzato sempre con la metodologia di getto C.F.A..
- 5) Dopo aver eseguito una serie di pali primari e comunque trascorse almeno 24 h dal getto degli stessi per aspettare la maturazione del palo, si potrà eseguire il palo "secondario".

Il progetto potrà prescrivere, a seconda delle necessità statiche ed idrauliche, compenetrazioni fra i pali più o meno accentuate. L'apposita "doppia testa di rotazione", ruotando in senso sinistrorso la tubazione di rivestimento munita dell'apposito tagliente, di fatto carota in avanzamento i pali primari attigui mentre l'utensile interno (elica C.F.A.) porta in superficie il terreno scavato ed il calcestruzzo fresato. La perforazione eseguita a doppia testa con rotazione inversa (sinistrorsa) del rivestimento, dovrà assicurare il perfetto equilibrio in asse delle perforazioni garantendo la perfetta compenetrazione a tutta altezza del palo, cosa impossibile utilizzando una attrezzatura a singola testa di rotazione.

Composizione della miscela di calcestruzzo plastico

La composizione iniziale della miscela bentonite-cemento-acqua, riferita ad 1 m³ di miscela, confezionata con agitatore ad alta turbolenza, deve essere compresa nei termini seguenti:

- bentonite: 40÷50 kg (0,4÷0,5 kN);
- cemento: 150÷220 kg (1,5÷2,2 kN);
- acqua: 920÷930 kg (9,2÷9,3 kN).

e deve avere inoltre le seguenti caratteristiche:

- rendimento volumetrico a breve termine superiore al 97%, contenendo al minimo la separazione d'acqua per sedimentazione;
- viscosità iniziale superiore a 40 s prova Marsh, preferibilmente dell'ordine di 45 s ÷ 50 s, per assicurare la massima stabilità della miscela durante la lavorazione e la massima omogeneità del prodotto finito;
- resistenza a rottura a compressione semplice su provini cilindrici a 28 giorni: $0,0 \text{ N/mm}^2 < R_{ck} < 0,5 \text{ N/mm}^2$;
- rapporto tra il modulo elastico tangente iniziale E_I e la resistenza a rottura R_{ck} a 28 giorni: 250÷300;
- rapporto tra il modulo elastico secante a rottura E_r e la resistenza a rottura R_{ck} a 28 giorni: 100÷130;
- coefficiente di permeabilità a 28 giorni: $K < 10^{-8} \text{ m/s}$.

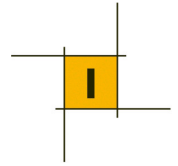
Le caratteristiche della bentonite da utilizzare per la miscela devono essere le stesse riportate all'Art. 63 del capitolato speciale generale.

L'Appaltatore in fase preliminare dovrà provvedere alla verifica delle caratteristiche della miscela da impiegare, con l'esecuzione di prove di resa volumetrica, di densità, di viscosità, di resistenza a compressione semplice e di permeabilità.

In corso d'opera dovranno essere prelevati all'impianto di confezionamento n.3 campioni di miscela ogni 500 m³ in appositi contenitori da inviare ad un laboratorio attrezzato e dopo 28 giorni di maturazione dalla data di confezionamento dovranno essere eseguite prove di densità, di resa volumetrica, di resistenza a compressione semplice e di permeabilità.

I provini per le prove di compressione semplice devono essere di forma cilindrica, con diametro $\phi = 38 \text{ mm}$ e altezza $H = 76 \text{ mm}$, ricavati da campioni di maggiori dimensioni dopo maturazione in acqua o in ambiente umido-saturo.

Se necessario, l'Ufficio di Direzione Lavori può richiedere che vengano effettuati prelievi di campioni di diaframma mediante carotaggio eseguito con sonda a rotazione.



4 DIAFRAMMI IN CONGLOMERATO ARMATO REALIZZATI CON PALI SECANTI

La procedura di esecuzione è la medesima dei diaframmi plastici descritti nell'articolo precedente.

Le differenze sono rappresentate dal tipo di miscela e dalla presenza di armatura nei pali secondari.

Il calcestruzzo da impiegare dovrà avere:

- quantitativi medio-alti di parti fini. I componenti del mix design per il calcestruzzo sono i seguenti:

- Cemento;
- Pietrisco (5/15);
- Sabbia grossolana (0/7);
- Sabbia (0/4);
- Acqua;
- Additivo/i

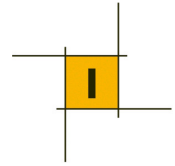
- Classi di consistenza superfluide (S5), con valori di slump maggiori di 23-25 cm, o calcestruzzo tipo SCC (autolivellante).

- Mantenimento della lavorabilità 90 minuti

Si potranno utilizzare additivi per raggiungere le caratteristiche richieste nel rispetto delle caratteristiche di resistenza richieste.

Al termine del pompaggio di calcestruzzo dei pali secondari si procede all'inserimento dell'armatura. L'armatura verrà inserita entro l'anima della trivella elicoidale, il cui diametro interno deve essere congruente con il diametro della gabbia di armatura.

All'interno della gabbia dovrà essere inserito un adeguato mandrino, da tenere contrastato sul dispositivo di spinta della rotary per ottenere l'espulsione del fondello a perdere, con effetto di precarica alla base del palo. La gabbia dovrà essere costruita in conformità con il disegno di progetto e nel rispetto delle specifiche sulle armature del cap. 2 e dei disegni di progetto.



5 TELO IN HDPE SUL PARAMENTO DI MONTE DELLA DIGA

La posa in opera della geomembrana in HDPE dello spessore di 2 mm avrà la funzione di impermeabilizzare il paramento di monte della diga in terra.

Caratteristiche tecniche:

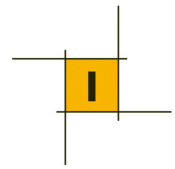
- larghezza (prodotta a testa piana) ≥ 7.5 m;
- carico di snervamento > 16 N/mmq;
- allungamento a snervamento $> 9\%$;
- carico di rottura > 26 N/mmq;
- allungamento a rottura $> 700\%$;
- resistenza all'urto > 800 MJ/mmq;
- resistenza a lacerazione > 130 N/mm;
- stabilità dimensionale (1 hr/120° C) $< 1.5\%$;
- nerofumo: dispersore A1-A2;
- nerofumo: contenuto $> 2\%$;
- densità $> 0.94\%$;
- stress cracking > 2000 h;
- spessore 2 mm;
- coeff. di dilatazione termica $^{\circ}\text{C}^{-1} = 2 \cdot 10^{-4}$;
- comportamento alla fiamma classe B 2;
- resistenza ai raggi UVA 10000 ore;
- temperatura di infragilimento $^{\circ}\text{C} 70$;
- assorbimento acqua (4 gg) 0,09 – 0,10 %;
- fessurazione sotto tensione 2000 ore;
- fatica a flessione 10000 cicli;
- durezza alla sfera (30 sec) 30/35 N/mmq;
- tangenziale di rigidità sotto torsione 200/220 N/mmq;
- durezza SHORE D=55/65;
- peso molecolare medio 90.000/100.000 g/g mole;

Si specifica che le grandezze dovranno essere espresse in unità internazionali (UNI, DIN, SIA, ASTM).

L'eventuale fissaggio del telo su pareti in cemento armato, dovrà essere eseguito con piattina in acciaio e chiodatura sparata e la realizzazione della saldatura della geomembrana dovrà essere eseguita con giunto a cordone sovrapposto o con doppia saldatura e canaletta e dovranno essere eseguite da specialisti qualificati con patentino rilasciato dall'istituto Italiano Della Saldatura di Genova o da enti equivalenti dell'Unione Europea, tutte le prove necessarie di resistenza a sfogliamento, le certificazioni relative alla dichiarazione dello stabilimento di produzione, il certificato ISO 9001 rilasciato da un ente accreditato in uno stato della UE, il certificato di controllo qualità per ogni rotolo, identificato con numero di matricola, contenente le prove eseguite realmente in laboratorio.

Si specifica inoltre che la superficie di posa dovrà risultare priva di asperità e con andamento omogeneo.

La geomembrana dovrà essere costituita da polietilene ad alta densità (internazionalmente indicato con la sigla PeHD o HDPE) fornita in teli con spessore nominale pari a 2 mm con larghezza non inferiore a 7.50 m e lunghezza pari a 100 m. Detto materiale dovrà essere conforme alle norme vigenti ed approvato dalle autorità



competenti, ed avrà una concentrazione massima di additivi e/o plastificanti, pari al 3%. Il materiale dovrà essere vergine e non rigenerato.

La geomembrana dovrà soddisfare ai seguenti requisiti:

- a) ottima resistenza ai carichi statici e dinamici senza pericolo di fessurazione;
- b) resistenza all'azione di radici, roditori o liquidi sotterranei con alto limite alla fessurazione;
- c) resistenza all'invecchiamento anche in presenza di raggi UV;
- d) resistenza alle basse temperature ed al gelo;
- e) elevata capacità di adattarsi sia alla geometria delle vasche sia ai passaggi di tubi o pozzetti sia in presenza di assestamenti del suolo;
- f) alto indice di snervamento;
- g) impermeabilità assoluta;
- i) resistenza agli acidi, basi, solventi, idrocarburi;
- j) durata ammissibile non inferiore a 100 anni.

La posa in opera della geomembrana seguirà la tecnica di copertura "a manto singolo" seguendo il dettagliato programma di stesura, redatto dall'Impresa esecutrice, da conservare agli atti con la firma ed accettazione della Direzione dei Lavori.

Tale programma indicherà:

- a) i numeri progressivi dei fogli, nonché le sigle progressive delle saldature effettuate;
- b) i punti sottoposti a collaudo non distruttivo ed i punti risultati difettosi.

La giunzione dei fogli andrà effettuata esclusivamente con sistemi "a caldo" del tipo:

- a) a doppia pista;
- b) ad estrusione con facce parallele;
- c) ad estrusione con cordone sovrapposto.

Durante la posa e le giunzioni si avrà cura di ricontrollare la regolarità del piano di posa sottostante e la sufficiente sovrapposizione longitudinale fra due fogli successivi.

Per quanto possibile occorrerà eliminare le saldature in corrispondenza di diedri e compluvi, sincerandosi anche che le eventuali controtendenze o speciali raccordi non diano luogo a pieghe, raggrinzature e/o tensioni. In tal caso occorrerà procedere a tagli e a sovrapposizioni accuratamente saldate.

Prima dell'inizio delle operazioni di stesura dei fogli, l'Impresa esecutrice dovrà provvedere al deposito di una relazione tecnica nella quale (a seconda dei metodi di giunzione prescelti) vengano specificati i seguenti dati:

- a) temperatura assunta dal materiale durante la saldatura indicando anche il metodo per controllare detta temperatura;
- b) temperature minima e massima dell'atmosfera entro le quali si può operare senza pregiudizio;

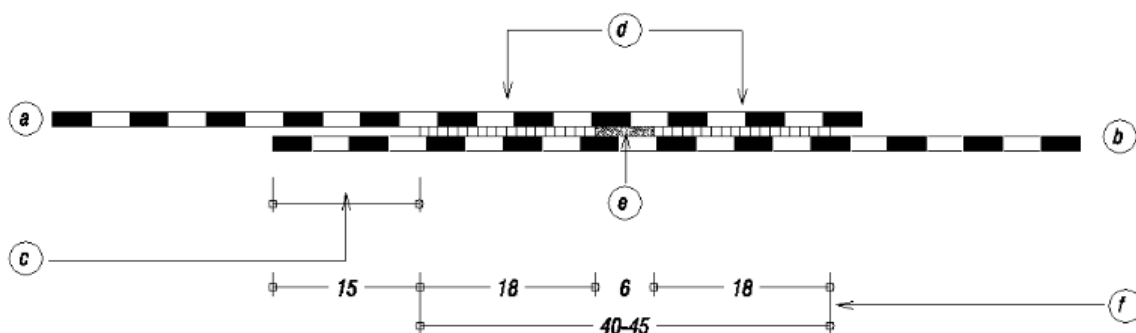
- c) pressione da esercitare sui lembi in via di saldatura indicando il metodo con la quale la pressione è ottenuta e mantenuta;
- d) caratteristiche degli eventuali materiali di apporto;
- e) previsione di avanzamento medio sul fondo e sulle pareti.

Caratteristiche giunzioni.

Giunzione per saldatura a doppia pista.

Tale tipo di saldatura consiste essenzialmente nel portare a fusione due strisce di due fogli adiacenti e sovrapposti, lasciando un canale intermedio per eseguirvi eventuali prove a pressione (vedi figura che segue).

TIPOLOGIA 3: Schema di giunzione "a doppia pista".



Legenda: a) Telo in corso di posa. - b) Telo già posato. - c). Settore di consenso. - d) Zone compatte per fusione a caldo.
e) Aria compressa - f) Misure orientative minime in mm.

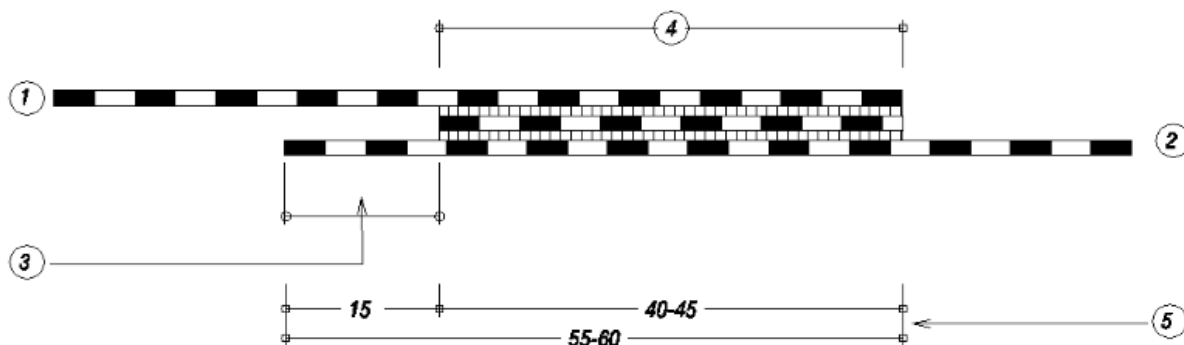
N.B. La saldatura dei teli dovrà essere eseguita secondo le NORME UNI 10567 1996

La fusione dovrà essere provocata con aria calda con cuneo caldo o con macchine operatrici speciali.

Giunzione ad estrusione con facce parallele.

Le superfici di contatto dei due teli adiacenti verranno molate portandoli a temperatura mediante aria surriscaldata inserendo una striscia dello stesso polimero fuso(vedi figura che segue).

TIPOLOGIA 2: Schema di giunzione "ad estrusione", con facce parallele.



Legenda: 1. Telo in corso di posa. - 2. Telo già posato. - 3. Settore di consenso.
4. Zona di saldatura con interposto terzo strato - 5. Misure orientative minime in mm.
N.B. La saldatura dei teli dovrà essere eseguita secondo le NORME UNI 10567 1996

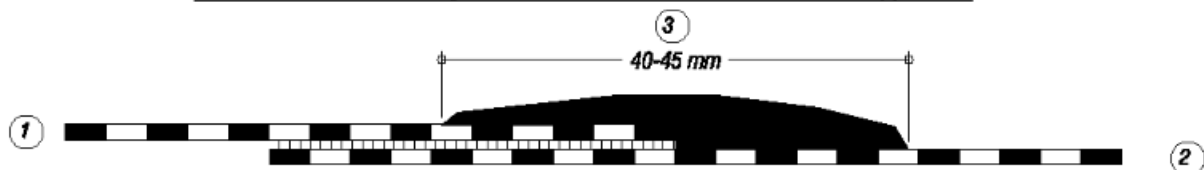
Tale metodo è praticabile solo in condizioni asciutte e con temperature mai inferiori a + 5 °.

Giunzione ad estrusione con cordone sovrapposto.

Le superfici di contatto dei due teli adiacenti verranno molate portandoli a temperatura mediante aria surriscaldata ed eseguendo una saldatura di fissaggio e riportando sopra il giunto una cordonatura di saldatura (vedi figura che segue).

TIPOLOGIA di SALDATURE della GEOMEMBRANA HDPE

TIPOLOGIA 1: Schema di giunzione ad estrusione, con "cordone sovrapposto".



Legenda: 1. Telo in corso di posa. - 2. Telo già posato. - 3. Cordone di saldatura 40-45 mm.

N.B. La saldatura dei teli dovrà essere eseguita secondo le NORME UNI 10567 1996

Le giunzioni e le saldature dovranno essere collaudate al 100% mediante prove non distruttive, indicando sul programma di stesura della geomembrana le relative risultanze ed i provvedimenti presi nei punti che hanno denunciato difetti.

In questi casi si darà luogo ad apposito nuovo collaudo dei settori difettosi per verificarne l'avvenuta regolarizzazione.

Qualora dopo tre tentativi persista il difetto l'Impresa esecutrice dovrà provvedere alla sostituzione del tratto difettoso ma per sovrapposizione (ossia senza rimuovere il telo già posato) e per saldatura perimetrale all'esistente.

Protezione del telo

Prima di attivare qualsiasi altra lavorazione la geomembrana andrà protetta con un telo geotessuto e da uno strato continuo di sabbia dello spessore di 30 cm avendo cura che i mezzi meccanici che provvederanno alla stesura procedano col metodo "a marcia avanti" ossia mantenendo sempre i propri mezzi di sostentamento (cingoli, ruote ecc.) sulla sabbia precedentemente stesa.

Per superfici molto vaste la Direzione Lavori prescriverà la creazione di una vera e propria pista di spina con spessori di sabbia congrui al passaggio di mezzi più pesanti.

Eventualmente oltre la sabbia fine a protezione della geomembrana potranno essere inseriti pneumatici usati che impediranno ulteriormente la possibilità che mezzi compattatori provvisti di lame danneggino la geomembrana medesima.

6 CAMPI PROVA PER LA FORMAZIONE DELLA DIGA IN TERRA

6.1 GENERALITA'

In aggiunta alle procedure indicate nel capitolato a base di gara e in ottemperanza alle raccomandazioni della Direzione Generale delle Dighe, vengono di seguito riportate le indicazioni per la realizzazione di “campi prova per l'accertamento delle caratteristiche di progetto” dei materiali costituenti il corpo diga e delle condizioni per la loro messa in opera.

Le caratteristiche dei materiali impiegati sono descritte nel Capitolato a base di gara e sono ulteriormente dettagliate nella Relazione Generale e nella Relazione sulle terre allegata al Progetto Esecutivo.

Le indicazioni riportate in questo documento e che emergeranno poi dalle risultanze dei campi prova, costituiranno gli standard esecutivi della diga in terra, che potranno quindi anche modificare e/o integrare le indicazioni riportate nel capitolato.

Nel seguito del testo, quando si farà riferimento alle approvazioni della D.L., si deve intendere che indicazioni, prescrizioni e approvazioni potranno essere impartite dai soggetti indicati dalle normative e dai regolamenti indicati al cap. 1 di questo documento.

Solo in maniera sintetica si ricorda che la diga in terra è formata da materiali granulari, denominati “Materiali tipo A”. Per le considerazioni svolte nella Relazione sulle terre, alla quale si rimanda per dettagli, per questi materiali si è data preferenza ai terreni delle classi A2-4 e A2-5, che corrispondono in parte alle classi SW e SP della tipologia ghiaiosa. I materiali sono previsti con fornitura da cava.

Per i materiali dell'argine definiti “B”, cioè appartenenti al “nucleo” impermeabile, si prevede l'impiego delle classi A2-6 e A2-7 provenienti dagli scavi.

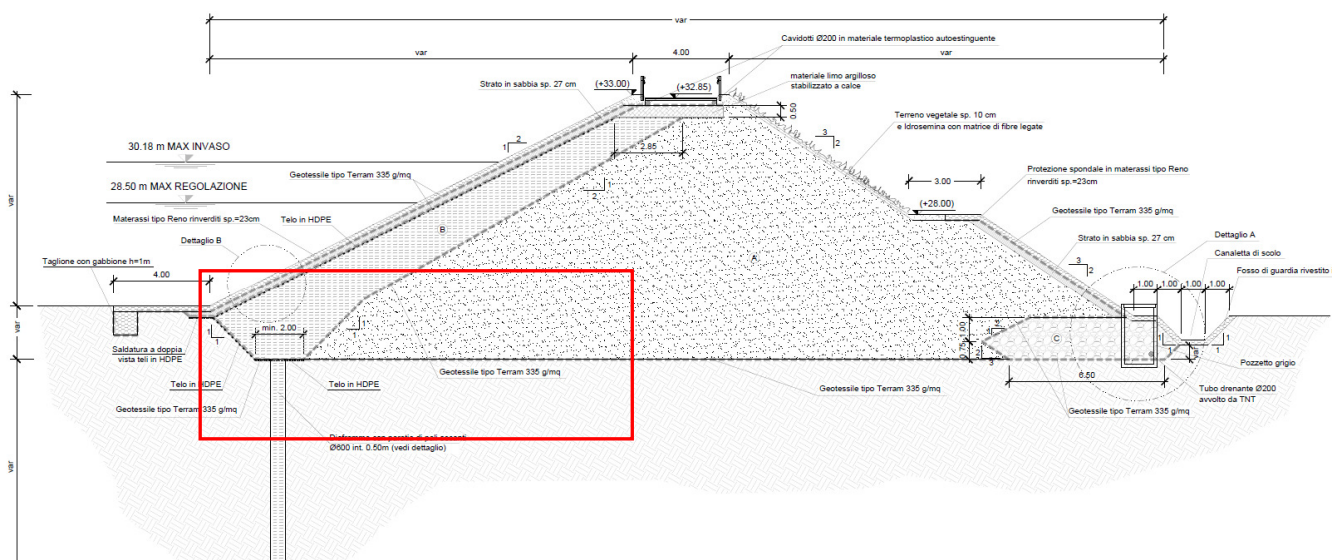


Fig. 1 – Sezione tipo della diga in terra

6.2 PIANIFICAZIONE DEI LAVORI

L'Impresa dovrà presentare, prima dell'esecuzione del campo prova, per l'approvazione da parte della Direzione Lavori, un programma dettagliato dei movimenti di materia, nonché eseguire un'indagine conoscitiva propedeutica alla realizzazione del campo prova. Detta indagine sarà articolata come segue:

- rilievo geometrico diretto dell'andamento morfologico del terreno in corrispondenza delle sezioni di progetto e di altre eventuali sezioni intermedie integrative (rilievo di prima pianta);
- rilievo, attraverso pozzetti stratigrafici, dello spessore di terreno interessato dagli scavi di fondazione definiti in progetto, con prelievo di campioni;
- identificazione della natura e dello stato delle terre (provenienti dalle zone di scavo e dalle cave di prestito) per la valutazione dell'attitudine al particolare impiego, prevedendo le seguenti prove di laboratorio:
 - granulometria e limiti di Atterberg, per la classificazione secondo la norma CNRUNI 10006/63;
 - contenuto d'acqua naturale (CNR-UNI 10008/63) e consistenza;
 - costipamento AASHO Standard e/o Modificato (CNR69/78) al variare del contenuto d'acqua, con individuazione della densità massima del secco ($\gamma_{s_{max}}$) e dell'umidità ottimale di costipamento (w_{opt});
 - analisi granulometriche comparative, prima e dopo la prova di costipamento, limitatamente ai materiali per i quali si sospetta la presenza di componenti fragili o instabili;

Tenuto conto dei risultati delle suddette indagini, l'Impresa predisporrà i seguenti documenti, da sottoporre all'approvazione del Direttore dei Lavori:

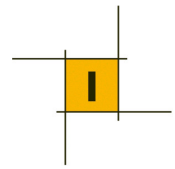
- piano dettagliato di sperimentazione in vera grandezza (campo prove);
- piano particolareggiato delle lavorazioni di movimento di materie.

6.3 CAMPO PROVE PER L'IMPIEGO DEI MATERIALI SCIOLTI

L'Impresa è tenuta a realizzare (per ciò mettendo a disposizione della Direzione Lavori personale e mezzi adeguati) una sperimentazione in vera grandezza (campo prova), allo scopo di definire, sulla scorta dei risultati delle prove preliminari di laboratorio e con l'impiego di mezzi di adeguate caratteristiche, gli spessori di stesa ed il numero di passaggi dei compattatori che permettono di raggiungere le prestazioni (grado di addensamento e/o portanza) prescritte.

La sperimentazione riguarderà due zone, una in sinistra a una in destra del Fosso di Pratolungo.

Il sito della prova può essere compreso nell'area d'ingombro del corpo della diga: in questo caso, dopo la sperimentazione, è fatto obbligo all'Impresa di demolire le parti del manufatto non accettabili, sulla base delle prestazioni ad esse richieste nella configurazione finale e in ogni caso anche le parti non realizzate con le metodologie che saranno definite a seguito dell'esecuzione del campo prove.



La sperimentazione va completata prima di avviare l'esecuzione dei rilevati, per essere di conferma e di riferimento del piano e delle modalità delle lavorazioni. Analogamente la sperimentazione va ripetuta in caso di variazione del parco macchine o delle modalità esecutive.

A titolo orientativo, per quanto attiene alle modalità operative che dovranno essere dettagliate nel piano presentato per l'approvazione alla Direzione Lavori, si segnala che:

- *l'area prescelta per la prova in vera grandezza deve essere scavata, perfettamente livellata e compattata fino alla quota di fondazione prevista nel progetto in corrispondenza delle sezioni cui si riferiscono il campo prove;*
- *la larghezza del rilevato di prova deve essere di almeno 10 m e deve comprendere una parte di nucleo argilloso di larghezza minima 2m, riproducendo il settore della diga in terra indicato nel riquadro rosso della figura precedente; la lunghezza deve essere pari ad almeno 30m;*
- *i materiali vanno stesi in strati di spessore costante (o variabile qualora si voglia individuare lo spessore ottimale), provvedendo a compattarli con regolarità ed uniformità e simulando, durante tutte le fasi di lavoro, le modalità esecutive che poi saranno osservate nel corso dei lavori;*
- *per ciascun tipo di materiale e per ogni modalità esecutiva, occorre mettere in opera almeno 2 o 3 strati successivi; per ciascuno di essi vanno eseguite prove di controllo dopo successive passate (ad esempio, dopo 4, 6, 8, passate).*

I risultati delle prove vanno riportati in apposito verbale redatto dalla Direzione Lavori, che ne trae le conclusioni sull'accettazione delle macchine e sulle modalità di posa in opera.

L'impresa dovrà redigere una relazione tecnica a consuntivo delle sperimentazioni effettuate, con le principali indicazioni emerse dalle prove e una proposta delle tecnologie da impiegare per l'esecuzione del rilevato definitivo.

6.4 CRITERI ESECUTIVI PER IL CAMPO PROVE

Scoticamento e bonifica del piano di appoggio

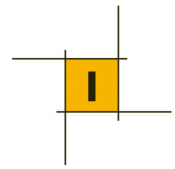
Sarà effettuato uno scavo fino alla quota indicata nel progetto per il piano di appoggio del rilevato in corrispondenza delle sezioni corrispondenti alla posizione del campo prove.

Il piano di imposta del rilevato deve risultare quanto più regolare possibile, privo di avvallamenti e, in ogni caso, tale da evitare il ristagno di acque piovane. Durante i lavori di scoticamento si deve evitare che i mezzi possano rimaneggiare i terreni di fondazione.

La regolarità del piano di posa dei rilevati, previa ispezione e controllo, deve essere approvata da parte della Direzione Lavori che, nell'occasione e nell'ambito della discrezionalità consentita, può richiedere l'approfondimento degli scavi di sbancamento, per bonificare eventuali strati di materiali torbosi o coesivi (di portanza insufficiente o suscettibili di futuri cedimenti), o anche per asportare strati di terreno rimaneggiati o rammolliti per inadeguata organizzazione dei lavori e negligenza da parte dell'Impresa.

La preparazione dei piani di posa (che, nel caso in esame, interesserà terreni limo-argillosi) consisterà nella compattazione del piano di posa stesso (con un numero adeguato di passate di rullo) in modo da raggiungere una densità secca pari almeno al 90% della densità massima AASHO modificata determinata in laboratorio, eventualmente modificando il grado di umidità delle terre fino a raggiungere il grado di umidità ottima prima di eseguire il compattamento.

Salvo diverse prescrizioni, motivate dalla D.L. per la necessità di garantire la stabilità del rilevato, il modulo di deformazione (o altrimenti detto di compressibilità) M_d , determinato sul piano di posa (naturale o bonificato),



secondo la norma CNR 146/92, al primo ciclo di carico, nell'intervallo compreso tra 0,05÷0,15 MPa , deve risultare non inferiore a 20 MPa.

Nel campo prove, tale accertamento sarà eseguito ogni 150 m² e in ogni caso almeno due volte per ogni striscia di prova (campo-prova).

Quando la natura e lo stato dei terreni di impianto dei rilevati non consentono di raggiungere con il solo costipamento i valori di portanza richiesti, può essere introdotto nel programma dettagliato delle lavorazioni l'approfondimento degli scavi per la sostituzione di un opportuno spessore del materiale esistente con idonei materiali di apporto. In alternativa può essere adottato un adeguato trattamento di stabilizzazione. La D.L. potrà decidere se accettare valori di modulo inferiori a quello indicato, in ogni caso non inferiore a 15 MPa.

Prima della realizzazione del rilevato sarà steso il geotessile sul piano di fondazione come da sezione tipo.

Circa i mezzi costipanti si fa riferimento a quanto specificato nei riguardi del costipamento dei rilevati.

Realizzazione dei rilevati

La stesa del materiale deve essere eseguita con regolarità per strati di spessore costante, con modalità e attrezzature atte a evitare segregazione, brusche variazioni granulometriche e del contenuto d'acqua.

Per evitare disomogeneità dovute alle segregazione che si verifica durante lo scarico dai mezzi di trasporto, il materiale deve essere depositato subito a monte del posto d'impiego, per esservi successivamente riportato dai mezzi di stesa. La granulometria dei materiali costituenti i differenti strati del rilevato deve essere il più omogenea possibile.

Durante le fasi di lavoro si deve garantire il rapido deflusso delle portate meteoriche conferendo agli strati pendenza trasversale non inferiore al 4%.

Ciascuno strato può essere messo in opera, pena la rimozione, soltanto dopo avere accertato, mediante prove di controllo, l'idoneità dello strato precedente. Lo spessore sciolto di ogni singolo strato verrà variato durante la formazione di ogni singolo strato per accertare lo spessore ottimale. Tale spessore potrà variare tra 30 e 50 cm (prima della compattazione) in ragione delle caratteristiche dei materiali, delle macchine e delle modalità di compattazione del rilevato. Lo spessore di stesa di norma deve risultare non inferiore a due volte la dimensione massima della terra impiegata ($s \geq 2D_{max}$). In ogni caso, la terra non deve presentare elementi di dimensioni maggiori di 50 cm; questi debbono essere, pertanto, scartati nel sito di prelievo, prima del carico sui mezzi di trasporto.

Nel rispetto delle previsioni di progetto e delle disposizioni che possono essere date in corso d'opera dalla Direzione Lavori, l'Impresa è tenuta a fornire e, quindi, ad impiegare mezzi di costipamento adeguati alla

natura dei materiali da mettere in opera e, in ogni caso, tali da permettere di ottenere i requisiti di densità e di portanza richiesti per gli strati finiti.

Per quanto riguarda l'attitudine dei mezzi di costipamento in relazione alla natura dei materiali da impiegarsi occorre considerare che:

- i rulli a piedi costipanti ed a segmenti sono d'impiego specifico per le terre fini coerenti;
- i rulli a griglia sono d'impiego specifico per le rocce tenere o, comunque, per i materiali per i quali è possibile correggere la granulometria per frantumazione degli elementi di maggiore dimensione;
- i rulli lisci vibranti sono particolarmente adatti per le terre granulari (A1, A2 e A3) e, se molto pesanti, per i detriti di falda contenenti elementi di grosse dimensioni e, in una certa misura, per quelli provenienti da scavi in roccia;
- i rulli gommati sono mezzi versatili e polivalenti; in relazione alle possibilità di variare il peso e la pressione di gonfiaggio dei pneumatici si prestano sia per le terre fini, sia per le terre granulari, sia anche, nel caso di mezzi molto pesanti, per le terre contenenti grossi elementi (detriti di falda);
- i rulli lisci statici vanno utilizzati esclusivamente per la finitura degli strati preliminarmente compattati con i rulli a piedi o con quelli gommati, per regolarizzare la superficie.

Per il migliore rendimento energetico dei mezzi di costipamento è opportuno sceglierne la tipologia più idonea ed operare con umidità prossima a quella ottimale determinata in laboratorio mediante la prova AASHO (CNR 69/78). L'attitudine delle macchine di costipamento deve essere verificata in campo prova per ogni tipo di materiale che si prevede di impiegare. La loro produzione, inoltre, deve risultare compatibile con quella delle altre fasi (scavo, trasporto e stesa) e con il programma temporale stabilito nel piano particolareggiato dei movimenti di materia.

Quando, in relazione all'entità ed alla plasticità della frazione fine, l'umidità supera del 15-20% il valore ottimale, l'Impresa deve mettere in atto i provvedimenti necessari a ridurla (favorendo l'evaporazione) per evitare rischi di instabilità meccanica e cadute di portanza che possono generarsi negli strati, a seguito di compattazione ad elevata energia di materiali a gradi di saturazione elevati (generalmente maggiori del 85-90%, secondo il tenore in fino e la plasticità del terreno). In condizioni climatiche sfavorevoli è indispensabile desistere dall'utilizzo immediato di tali materiali.

Le macchine di costipamento, la loro regolazione (velocità, peso, pressione di gonfiaggio dei pneumatici, frequenza di vibrazione, ecc.), gli spessori degli strati ed il numero di passaggi saranno variate nel corso della sperimentazione in campo prova in modo da definire le condizioni ottimali di posa in opera. In ogni caso l'efficacia del processo ed il conseguimento degli obiettivi restano nell'esclusiva responsabilità dell'Impresa.

Se non occorre modificare il contenuto d'acqua, una volta steso il materiale, lo strato deve essere immediatamente compattato. La compattazione deve assicurare sempre un addensamento uniforme all'interno dello strato.

Per garantire una compattazione uniforme, anche lungo i bordi del rilevato, le scarpate debbono essere riprofilate, una volta realizzata l'opera, rimuovendo i materiali eccedenti la sagoma di progetto. La stesa ed il costipamento del materiale, pertanto, deve considerare una sovrallarghezza di almeno 0,50 m, per entrambi i lati del rilevato. Salvo diverse prescrizioni motivate in sede di progetto, i controlli di qualità degli strati finiti, effettuati mediante misure di densità e di portanza, debbono soddisfare i requisiti indicati nel seguito (Controlli). Durante la costruzione dei rilevati occorre disporre in permanenza di apposite squadre e mezzi di manutenzione per rimediare ai danni causati dal traffico di cantiere oltre a quelli dovuti alla pioggia e al gelo.

Controllo delle forniture

In corso d'opera, sia per le necessità connesse alla costruzione degli strati in terra, particolarmente per quanto riguarda il costipamento, sia per evidenziare che non abbiano a verificarsi derive nella qualità dei materiali, devono essere effettuate prove di controllo su campioni prelevati in contraddittorio con la Direzione dei lavori, sia dai materiali provenienti da cava sia da quelli provenienti dagli scavi di cantiere e da riutilizzare secondo le prescrizioni di progetto. Il numero dei campioni dipende dall'eterogeneità dei terreni interessati; per il campo prove la numerosità delle prove di attitudine viene stabilita in funzione del volume di una stesa di materiale dello spessore medio di un metro (da porre in opera con più strati) rispettando i criteri quantitativi riportati nella Tabella seguente.

Tabella 1 Numero di controlli delle forniture dei materiali (per ogni 500m³)

Tipo di materiale	Granulare Tipo A	Argilloso Tipo B
Tipo di prova		
Classificazione (CNR-UNI 10006/63)	3	2
Umidità naturale	3	2
Costipamento AASHO (CNR 69/78)	3	2

Controlli da eseguire sul materiale posto in opera

Il livello prestazionale degli strati posti in opera può essere accertato, in relazione alla granulometria del materiale impiegato, attraverso il controllo dell'addensamento raggiunto, rispetto al riferimento desunto dalle prove AASHO di laboratorio, attraverso il controllo della deformabilità raggiunta, delle caratteristiche di resistenza in sito e inoltre del grado di permeabilità,.

Le misure di densità in sito saranno eseguite con volumometro a sabbia con il criterio ASTM D 1556-90.

Le misure di deformabilità devono essere effettuate mediante misure del modulo di deformazione M_d con prova su piastra, al primo ciclo di carico, secondo quanto previsto dalla norma CNR 146/92. Il controllo mediante misure di densità in sito può essere applicato soltanto se, come previsto dalla norma CNR 69/1978, la frazione di materiale trattenuta al crivello 25 UNI 2334 non supera il 35% della massa totale. In questo caso le prove di controllo in cantiere riguardano:

- misure di umidità dei materiali compattati, secondo la norma CNR-UNI 10008/63;
- misure di massa volumica (densità) apparente.

Quando per le caratteristiche dimensionali del materiale non sia possibile procedere al controllo prestazionale con misure di densità, per valutare il grado di costipamento si possono realizzare prove di modulo a doppio ciclo di carico (CNR 146/92).

La determinazione del modulo al secondo ciclo di carico permette, in ogni modo, di ottenere più ampi elementi di giudizio sulla qualità meccanica degli strati posti in opera, ivi compresi quelli sottostanti lo strato provato; inoltre, essa risulta necessaria quando le prove di portanza non sono eseguite immediatamente dopo l'ultimazione del costipamento e, pertanto, è ragionevole temere che le misure al primo ciclo possano risultare influenzate dal disturbo prodotto dagli agenti atmosferici sulla parte più superficiale dello strato.

Per i materiali a granulometria grossolana, per i quali non è possibile determinare riferimenti rappresentativi da prove di costipamento AASHO di laboratorio, come pure nel caso in cui non sia possibile procedere a misure di modulo di deformazione M_d (presenza di blocchi e/o elementi di grossa dimensione), il controllo degli strati finiti può essere effettuato in modo rapido, mediante misure del cedimento permanente (D_h) prodotto dal passaggio di un autocarro con asse posteriore di 10 t, in accordo alla norma SNV 670 365.

Per il controllo delle caratteristiche di resistenza dei materiali, saranno prelevati campioni (per quanto possibile indisturbati) da sottoporre a prove di laboratorio.

Per la determinazione delle caratteristiche di resistenza in tensioni efficaci (coesione e angolo di attrito) potranno essere eseguite (in funzione delle effettive caratteristiche granulometriche dei terreni):

- prove di taglio diretto con scatola di Casagrande (con velocità di taglio adeguatamente bassa in modo da consentire la dissipazione delle pressioni neutre);
- prove di compressione triassiale consolidata non drenata con misura delle pressioni neutre, CIU (su materiali argillosi);
- prove di compressione triassiale consolidata drenata CD (eventualmente anche su celle triassiali di grandi dimensioni, fino a 200 mm).

Le prove saranno eseguite su campioni rimaneggiati e ricostituiti in laboratorio (alla stessa densità misurata in sito) o su campioni indisturbati (argillosi) prelevati con fustella metallica a pareti sottili infissa nel terreno nel materiale del nucleo argilloso.

Per il controllo del grado di permeabilità raggiunto dal rilevato, saranno eseguite prove di permeabilità in sito (o di assorbimento), tramite il metodo AGI, facendo uso di un tubo in PVC Ø10cm, adeguatamente infisso e rinfiancato nello strato da provare. Le prove potranno essere eseguite con gli stessi criteri della prova Lefranc, a carico fisso o variabile in funzione del tipo di materiale da provare

Il numero di prove viene definito per ogni strato di terreno posto in opera e compattato e sarà deciso nel dettaglio in corso d'opera, dopo aver stabilito: le macchine di costipamento, la loro regolazione (velocità, peso, pressione di gonfiaggio dei pneumatici, frequenza di vibrazione, ecc.), gli spessori degli strati ed il numero di passaggi. In linea preliminare si forniscono le indicazioni della tabella 2. Le prove indicate potranno essere eseguite, a decisione della D.L. ogni certo numero di passate di rullo (ad esempio 4-6-8 passate) in modo da stabilire la lavorazione ottimale.

Tabella 2 Numero di controlli in opera (per ogni campo prova)

MATERIALE	Frequenza	Densità	Modulo di deformazione	Permeabilità	Resistenza
Granulare Tipo A	Ogni strato	2	1		
	Ogni metro circa (2-3 strati)	3	1	2	2
Argilloso Tipo B	Ogni strato	1			
	Ogni metro circa (2-3 strati)	2	1	1	1

Risultati attesi

Le prestazioni attese dai rilevati in terra per la formazione della diga (definita argine nel capitolato del Progetto definitivo) sono indicati nello stesso capitolato all'art. 4.42.1 (pag. 248 e seguenti).

Come indicazione generale, nella realizzazione dei campi prova ci si attende di ottenere i seguenti valori minimi (medi) su ogni metro (medio) di materiale steso e compattato.

Tabella 3 Risultati attesi

Tipo di materiale	Granulare Tipo A	Argilloso Tipo B
Tipo di prova		
Addensamento % dens. max AASHTO mod. T/180-57	95%	90%
Modulo di deformazione Md primo ciclo di carico CNR 146/92	50 MPa	30 MPa

Si dovrà inoltre verificare che i materiali rispettino (con un adeguato livello di confidenza) i valori di permeabilità e di resistenza indicati nel progetto e riassunti nella tabella seguente.

Tabella 4 – Caratteristiche geotecniche dei terreni adottate nel progetto esecutivo

Materiale tipo	Descrizione	Parametri caratteristici			
		c' (kPa)	φ (°)	Kh (m/s)	Kv (m/s)
A	Diga in terra (contronucleo)	5	35	1E-06	1E-06
B	Nucleo impermeabile	10	23	1E-08	1E-08

Qualora non si raggiungano i suddetti valori minimi, la D.L. potrà impartire all'Impresa di ripetere il numero di passate, modificare le tecnologie di compattazione e quanto altro risulta necessario per garantire i valori minimi indicati.