

# REGIONE CAMPANIA

Acqua Campania S.p.A.

UTILIZZO IDROPOTABILE DELLE ACQUE  
DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO E  
POTENZIAMENTO DELL'ALIMENTAZIONE  
POTABILE PER L'AREA BENEVENTANA

## PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

*Stralcio Allegato IV D.L. 31.05.2021 n.77 - L. di conversione 21.07.2021 n.108*

Responsabile Unico del Procedimento  
Dirigente Ciclo Integrato delle Acque della G.R. della Campania  
Ing. Rosario Manzi

Il Concessionario  
**Acqua Campania S.p.A.**  
Direttore Generale  
Area Tecnica  
(Ing. Gianluca Maria SALVIA)  


I Progettisti



Coordinatore responsabile della  
Integrazione delle Prestazioni  
Specialistiche

0	Dicembre 2021	EMISSIONE PER VIA			
Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
TITOLO :  DISCIPLINARE TECNICO E PRESTAZIONALE  OPERE IN SOTTERRANEO			Progettazione:  VIANINI LAVORI S.p.A.  		
Allegato		DIS.04	Revisione:	0	Scala: -

## **INDICE**

<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>10</b>
1.1 Inquadramento generale .....	10
1.2 Obiettivi.....	12
<b>2. QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI .....</b>	<b>13</b>
2.1 Acqua.....	13
2.2 Leganti idraulici .....	13
2.3 Calci aeree - pozzolane.....	14
2.4 Ghiaie - ghiaietti - pietrischi - pietrischetti - sabbie per strutture in muratura ed in conglomerati cementizi.....	14
2.5 Pietrischi - pietrischetti - graniglie - sabbie - additivi da impiegare per pavimentazioni.....	14
2.6 Ghiaie - ghiaietti per pavimentazioni.....	14
2.7 Cordoni - bocchette di scarico - risvolti - guide di risvolto - scivoli per accessi - guide e masselli per pavimentazione.....	15
2.8 Pietra naturale.....	15
2.9 Materiali laterizi .....	15
2.10 Manufatti di cemento .....	15
2.11 Materiali ferrosi .....	15
2.12 Legnami.....	16
2.13 Bitumi - emulsioni bituminose.....	16
2.14 Bitumi liquidi o flussati.....	16
2.15 Teli di "geotessile" .....	16
<b>3. PROVE DEI MATERIALI .....</b>	<b>18</b>
3.1 Certificato di qualità.....	18
3.2 Accertamenti preventivi.....	18
3.3 Prove di controllo in fase esecutiva .....	19
<b>4. ACCIAIO PER C.A. E C.A.P. ....</b>	<b>20</b>
4.1 Acciaio per c.a. per c.a.p .....	20

4.1.1	Acciaio ordinario per c.a. ad aderenza migliorata.....	20
4.1.2	Controlli sull'acciaio.....	20
4.1.2.1	Controllo della documentazione .....	20
4.1.2.2	Controlli di accettazione .....	21
4.1.3	Lavorazioni in cantiere - raggi minimi di curvatura.....	22
4.1.4	Deposito e conservazione in cantiere .....	22
4.2	Acciaio per c.a. ad aderenza migliorata zincato a caldo .....	22
4.2.1	Qualità degli acciai da zincare a caldo.....	22
4.2.2	Zincatura a caldo per immersione.....	23
4.2.2.1	Trattamento preliminare .....	23
4.2.2.2	Immersione in bagno di zinco.....	23
4.2.2.3	Finitura e aderenza del rivestimento .....	23
4.2.2.4	Verifiche.....	23
4.2.2.5	Certificazioni.....	24
4.2.2.6	Lavorazione.....	24
<b>5.</b>	<b>CALCESTRUZZI .....</b>	<b>25</b>
5.1	Normativa di riferimento .....	25
5.2	Classificazione dei conglomerati cementizi .....	25
5.3	Caratteristiche dei materiali costituenti i conglomerati cementizi .....	27
5.3.1	Cemento .....	27
5.3.1.1	Controlli sul cemento - controllo della documentazione.....	28
5.3.1.2	Controllo di accettazione.....	28
5.3.2	Aggiunte.....	28
5.3.2.1	Ceneri volanti.....	28
5.3.2.2	Fumo di silice .....	29
5.3.3	Aggregati.....	30
5.3.4	Acqua di impasto .....	31
5.3.5	Additivi.....	31
5.4	Qualifica preliminare dei conglomerati cementizi.....	31

5.4.1	Calcestruzzo prodotto senza processo industrializzato .....	32
5.4.2	Calcestruzzo prodotto con processo industrializzato .....	33
5.5	Controlli in corso d'opera.....	34
5.5.1	Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati.....	34
5.5.2	Resistenza dei conglomerati cementizi .....	35
5.5.3	Controlli di accettazione .....	35
5.5.4	Prove complementari .....	36
5.5.5	Controllo della resistenza del calcestruzzo in opera .....	37
5.5.6	Pianificazione delle prove in opera .....	38
5.5.6.1	Predisposizione delle aree di prova.....	38
5.5.7	Lavorabilità .....	39
5.5.8	Rapporto acqua/cemento .....	40
5.5.9	Contenuto di aria.....	40
5.5.10	Acqua di bleeding .....	41
5.5.11	Prescrizioni per la durabilità dei conglomerati cementizi.....	41
5.6	Tecnologia esecutiva delle opere.....	41
5.6.1	Confezione dei conglomerati cementizi.....	42
5.6.2	Trasporto .....	42
5.6.3	Posa in opera .....	43
5.6.4	Posa in opera in climi freddi .....	44
5.6.4.1	Posa in opera in climi caldi .....	44
5.6.4.2	Riprese di getto.....	45
5.6.5	Casseforme .....	45
5.6.5.1	Caratteristiche delle casseforme .....	46
5.6.5.2	Pulizia e trattamento .....	46
5.6.6	Stagionatura e disarmo .....	47
5.6.6.1	Prevenzione delle fessure da ritiro plastico .....	47
5.6.6.2	Maturazione accelerata con trattamenti termici.....	48
5.6.6.3	Disarmo.....	49

5.6.7	Giunti di discontinuità ed opere accessorie nelle strutture in conglomerato cementizio .....	49
5.6.8	Ulteriori prescrizioni per getti massivi .....	50
5.6.9	Posa in opera delle armature per c.a. ....	51
5.6.10	Armatura di precompressione.....	52
5.6.10.1	Iniezione nei cavi di precompressione .....	52
5.6.10.2	Misura della fluidità con il cono di Marsh .....	54
5.6.10.3	Misura dell'essudazione della boiaccia (bleeding).....	55
5.7	Miscele a bassa viscosità per le iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. esistenti .....	55
5.7.1	Caratteristiche dei materiali .....	55
5.7.1.1	Iniezione con sistemi epossidici .....	55
5.7.1.2	Iniezione con boiacche cementizie.....	56
5.7.2	Modalità di iniezione .....	56
5.7.2.1	Iniezioni tradizionali .....	56
5.7.2.2	Iniezioni sottovuoto.....	57
5.7.3	Prove.....	58
5.7.4	Tesatura delle armature di precompressione .....	58
5.8	Manufatti prefabbricati in conglomerato cementizio armato, normale o precompresso.....	58
5.8.1	Manufatti prefabbricati di produzione occasionale.....	58
5.8.2	Manufatti prefabbricati prodotti in serie .....	59
5.9	Tolleranze di esecuzione .....	59
5.10	Prove di carico.....	60
<b>6.</b>	<b>MICROPALI .....</b>	<b>62</b>
6.1.1	Definizione.....	62
6.1.2	Normative di riferimento.....	62
6.1.3	Preparazione del piano di lavoro.....	63
6.2	Tipologie esecutive.....	63

6.2.1	Tolleranze geometriche .....	64
6.2.2	Tracciamento .....	64
6.2.3	Armatura.....	64
6.2.4	Micropali con riempimento a gravità o a bassa pressione .....	66
6.3	Prove di carico.....	67
6.3.1	Generalità .....	67
6.3.2	Prove di carico su micropali.....	68
6.3.2.1	Prove di carico assiale.....	68
6.3.3	Prove non distruttive .....	71
6.4	Specifiche di controllo.....	73
6.4.1	Generalità .....	73
6.4.2	Controlli .....	74
<b>7.</b>	<b>POZZI.....</b>	<b>77</b>
7.1	Classificazione e definizione.....	77
7.2	Generalità.....	77
7.3	Modalità esecutive .....	77
7.4	Controlli.....	78
<b>8.</b>	<b>GALLERIE .....</b>	<b>79</b>
8.1	Generalità.....	79
8.2	Prescrizioni tecniche particolari .....	80
8.2.1	Scavi .....	80
8.2.2	Scavi a cielo aperto .....	80
8.2.2.1	Scavo eseguito completamente a cielo aperto .....	80
8.2.2.2	Scavo eseguito solo parzialmente a cielo aperto .....	81
8.2.3	Scavi a foro cieco .....	81
8.2.3.1	Scavo in presenza di protesi superficiale .....	86
8.2.3.2	Scavo meccanizzato con fresa (TBM) .....	88
8.2.4	Centine metalliche, reti di acciaio a maglie elettrosaldate, scalette di rinforzo .....	92

8.2.5	Ancoraggi .....	93
8.2.6	Rivestimenti di prima e seconda fase.....	104
8.2.7	Casseforme .....	111
8.2.8	Drenaggi.....	112
8.2.9	Water stop idroespansivo .....	114
8.2.10	Impermeabilizzazione di gallerie .....	115
8.2.11	Interventi di preconsolidamento e precontenimento .....	123
8.3	Specifica di controllo .....	134
8.3.1	Disposizioni generali .....	134
8.3.2	Scavi a cielo aperto .....	134
8.3.3	Scavi a foro cieco .....	136
8.3.4	Monitoraggio .....	137
8.3.5	Centine metalliche, reti di acciaio a maglie elettrosaldate e scalette di rinforzo .....	144
8.3.6	Ancoraggi .....	145
8.3.7	Conglomerato cementizio proiettato.....	152
8.3.8	Conglomerato cementizio proiettato fibrorinforzato (fibre di acciaio) .....	152
8.3.9	Conglomerato cementizio proiettato fibrorinforzato (fibre di vetro).....	153
8.3.10	Conglomerato cementizio gettato in opera .....	154
8.3.11	Drenaggi.....	154
8.3.12	Impermeabilizzazione.....	155
8.3.13	Preconsolidamento del fronte di scavo.....	155
8.3.14	Iniezioni.....	156
8.3.15	Tubi metallici valvolati ed iniettati .....	158
8.3.16	Jet – grouting .....	159
<b>9.</b>	<b>OPERE DI CONSOLIDAMENTO .....</b>	<b>162</b>
9.1	Classificazione, definizioni e normative .....	162
9.1.1	Classificazione.....	162
9.1.2	Definizioni.....	162

9.1.3	Normative di riferimento.....	165
9.2	Tiranti di ancoraggio .....	165
9.2.1	Prove tecnologiche preliminari .....	166
9.2.2	Soggezioni geotecniche, idrogeologiche e ambientali .....	167
9.2.3	Materiali ed elementi costruttivi.....	167
9.2.4	Distanziatori, tamponi e condotti di iniezione .....	169
9.2.5	Tolleranze geometriche .....	170
9.2.6	Perforazione .....	170
9.2.7	Allestimento del tirante.....	171
9.2.8	Elementi di protezione .....	172
9.2.9	Tesatura e collaudo .....	173
9.2.10	Protezioni anticorrosive in opera .....	174
9.3	Barre d'ancoraggio e bulloni .....	174
9.3.1	Perforazione .....	174
9.3.2	Allestimento dell'ancoraggio.....	174
9.3.3	Iniezione .....	175
9.4	Chiodi .....	176
9.5	Microdreni.....	177
9.5.1	Generalità .....	177
9.5.2	Caratteristiche dei tubi filtranti .....	177
9.6	Trincee drenanti.....	179
9.7	Pozzi drenanti.....	180
9.7.1	Attrezzature.....	180
9.7.2	Esecuzione dei collegamenti tra i pozzi.....	181
9.7.3	Allestimento definitivo dei pozzi .....	181
9.8	Trattamenti colonnari .....	183
9.8.1	Soggezioni geotecniche ed ambientali .....	183
9.8.2	Prove tecnologiche preliminari .....	183
9.8.3	Caratteristiche minime dei trattamenti .....	184



9.8.4	Tolleranze .....	185
9.8.5	Miscele cementizie di iniezione.....	185
9.8.6	Armatura dei trattamenti colonnari.....	186
9.9	Iniezioni .....	186
9.9.1	Soggezioni geotecniche ed ambientali .....	186
9.9.2	Salvaguardia ambientale .....	187
9.9.3	Materiali .....	187
9.9.4	Modalità esecutive .....	188
<b>10.</b>	<b>CARPENTERIA METALLICA.....</b>	<b>192</b>
10.1	Normativa di riferimento .....	192
10.2	Documentazione .....	192
10.3	Materiali impiegati.....	193
10.3.1	Identificazione e rintracciabilità dei materiali.....	194
10.4	Modalità esecutive.....	194
10.4.1	Soggezioni ambientali.....	194
10.4.2	Tolleranze geometriche.....	194
10.4.3	Taglio e cianfrinatura delle lamiere.....	195
10.4.4	Saldature.....	195
10.4.5	Unioni bullonate .....	199
10.4.6	Connettori e parti annegate nei getti.....	200
10.4.7	Durabilità .....	200
10.5	Collaudo tecnologico dei materiali .....	201
10.6	Collaudo dimensionale e di lavorazione .....	202
10.7	Montaggio .....	203
10.8	Prove e controlli in corso d'opera .....	204
10.8.1	Controllo delle saldature .....	204
10.8.2	Controllo delle unioni bullonate.....	205
10.8.3	Controllo dei connettori tipo nelson .....	205
10.9	Criteri di accettabilità dei difetti .....	205

10.9.1	Estensione dei controlli in caso di esito negativo .....	205
10.10	Collegamenti speciali .....	206
10.11	Personale addetto alle ispezioni e controlli delle saldature .....	206
10.12	Prove di carico e collaudo statico delle strutture in acciaio .....	206
<b>11.</b>	<b>CASSEFORME E CENTINATURA .....</b>	<b>207</b>
11.1	Normativa di riferimento .....	207
11.2	Casseforme, armature di sostegno, centinature e attrezzature di costruzione .....	208
<b>12.</b>	<b>IMPIANTI.....</b>	<b>210</b>
12.1	Impianti FM e Illuminazione.....	210
12.1.1	Generali .....	210
12.1.2	Impianto elettrico per edificio civile.....	215
12.1.3	Colonnina ricarica auto elettrica .....	217
12.2	Impianti speciali .....	218
12.2.1	Distribuzione in galleria – Collegamento telecamera .....	218
12.2.2	Locale di controllo .....	219
12.2.3	Quadri di zona .....	219
12.2.4	Apparati attivi .....	220

## **1. INTRODUZIONE**

Il presente elaborato rientra nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica denominato "Utilizzo idropotabile delle acque dell'invaso di Campolattaro e potenziamento dell'alimentazione potabile per l'area beneventana".

Obiettivo dell'intervento è la riqualificazione del sistema idrico regionale che mira alla risoluzione definitiva delle problematiche afferenti all'approvvigionamento idrico dell'intera Regione Campania.

Nell'ambito della progettazione delle opere in sotterranea possono individuarsi quattro fronti d'opera:

- ✓ Galleria di derivazione,
- ✓ Discenderia intermedia,
- ✓ Piazzali di imbocco e viabilità di accesso,
- ✓ Piazzali di servizio ai pozzi.

### **1.1 INQUADRAMENTO GENERALE**

La galleria di derivazione ha origine dall'esistente opera di sbarramento del Fiume Tammaro, in Comune di Campolattaro (BN), e giunge al "portale di imbocco" ubicato nella frazione Monte del Comune di Ponte (BN). Il pozzo piezometrico, posizionato nelle progressive finali della galleria, è situato in prossimità del piazzale di imbocco, sempre nel Comune di Ponte.

Regione Campania – Acqua Campania S.p.a.  
UTILIZZO IDROPOTABILE DELLE ACQUE DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO  
E POTENZIAMENTO DELL'ALIMENTAZIONE POTABILE PER L'AREA BENEVENTANA  
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

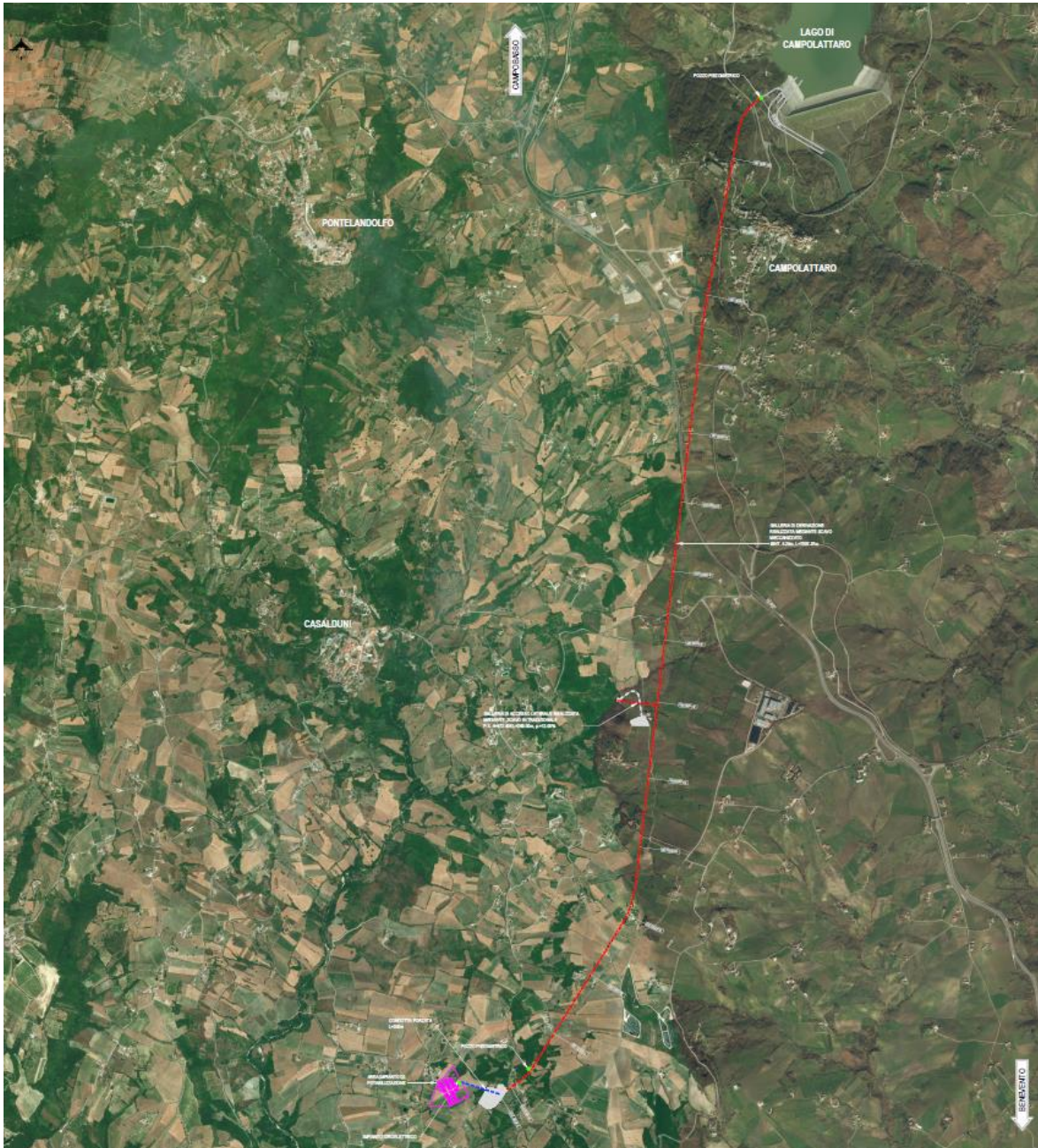


Fig. 1.1 – Planimetria di inquadramento

## **1.2 OBIETTIVI**

Le opere in oggetto sono diffusamente illustrate nei grafici progettuali, redatti in conformità e secondo le indicazioni di cui al DM 17/01/18, al D.lgs. n°50/2016 ed al DPR 207/2010 per le parti ancora vigenti, nonché alle norme UNI applicabili. Inoltre, per tutte le indicazioni di grandezza presenti sugli elaborati di progetto ci si dovrà attenere alle norme CNR UNI 10003 nonché alla norma UNI 4546.

Nel seguito vengono indicati, dal punto di vista tecnico, la qualità e tipologia dei materiali da impiegare nella costruzione e le modalità esecutive delle lavorazioni previste nell'appalto.

Il presente disciplinare, inoltre, è mirato specificatamente sulle opere in sotterraneo sia in termini di lavorazioni, sia in termini di materiali trattandone la provenienza, le caratteristiche, le modalità di accettazione e le prove.

## 2. QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI

I materiali da impiegare per i lavori compresi nell'appalto dovranno corrispondere, come caratteristiche, a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia; in mancanza di particolari prescrizioni dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio in rapporto alla funzione a cui sono destinati.

Per la provvista di materiali in genere, si richiamano espressamente le prescrizioni dell'art. 16 del Capitolato Generale d'Appalto DM 145/2000.

In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

I materiali proveranno da località o fabbriche che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza, purché corrispondano ai requisiti di cui sopra.

Quando la Direzione dei Lavori abbia rifiutato una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Appaltatore dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute; i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese della stessa Appaltatore.

Malgrado l'accettazione dei materiali da parte della Direzione dei Lavori, l'Appaltatore resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

I materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti qui di seguito fissati.

### 2.1 ACQUA

Dovrà essere dolce, limpida, esente da tracce di cloruri o solfati, non inquinata da materie organiche o comunque dannose all'uso cui le acque medesime sono destinate e rispondere ai requisiti stabiliti dalle norme tecniche emanate con D.M. 14 febbraio 1992 (S.O. alla G.U. n. 65 del 18/3/1992) in applicazione dell'Art. 21 della Legge 1086 del 5 novembre 1971.

### 2.2 LEGANTI IDRAULICI

Dovranno corrispondere, come richiamato dal D.M. 14 febbraio 1992, alla legge 26 maggio 1965 n. 595 (G.U. n. 143 del 10.06.1965).

I leganti idraulici si distinguono in:

1. **Cementi** (di cui all'art. 1 lettera A) -B) -C) della legge 595/1965). Dovranno rispondere alle caratteristiche tecniche dettate da:
  - ✓ D.M. 3.6.1968 che approva le “Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi” (G.U. n. 180 del 17.7.1968);
  - ✓ D.M. 20.11.1984 “Modificazione al D.M. 3.6.1968 recante norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi” (G.U. n. 353 del 27.12.1984);
  - ✓ Avviso di rettifica al D.M. 20.11.1984 (G.U. n. 26 del 31.1.1985);
  - ✓ D.L. 9.3.1988 n. 126 “Regolamento del servizio di controllo e certificazione di

qualità dei cementi”.

2. **Agglomerati cementizi e calci idrauliche** (di cui all'art. 1 lettera D) e E) della Legge 595/1965). Dovranno rispondere alle caratteristiche tecniche dettate da:

- ✓ D.M. 31.8.1972 che approva le “Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calci idrauliche” (G.U. n. 287 del 6.11.1972).

### **2.3 CALCI AEREE - POZZOLANE**

Dovranno corrispondere alle “Norme per l'accettazione delle calci aeree”, R.D. 16 novembre 1939, n. 2231 ed alle “Norme per l'accettazione delle pozzolane e dei materiali a comportamento pozzolanico”, R.D. 16 novembre 1939, n. 2230.

### **2.4 GHIAIE - GHIAIETTI - PIETRISCHI - PIETRISCHETTI - SABBIE PER STRUTTURE IN MURATURA ED IN CONGLOMERATI CEMENTIZI**

Dovranno corrispondere ai requisiti stabiliti dal D.M. 14 febbraio 1992 norme tecniche alle quali devono uniformarsi le costruzioni in conglomerato cementizio, normale e precompresso, ed a struttura metallica.

Le dimensioni dovranno essere sempre le maggiori tra quelle previste come compatibili per la struttura a cui il calcestruzzo è destinato; di norma però non si dovrà superare la larghezza di cm 5 (per larghezza s'intende la dimensione dell'inerte misurato in una setacciatrice) se si tratta di lavori correnti di fondazione; di cm 4 se si tratta di getti per volti, per lavori di elevazione, muri di sostegno, piedritti, rivestimenti di scarpate o simili; di cm 3 se si tratta di cementi armati; e di cm 2 se si tratta di cappe o di getti di limitato spessore (parapetti, cunette, copertine, ecc.).

Per le caratteristiche di forma valgono le prescrizioni riportate nello specifico articolo riguardante i conglomerati cementizi.

### **2.5 PIETRISCHI - PIETRISCHETTI - GRANIGLIE - SABBIE - ADDITIVI DA IMPIEGARE PER PAVIMENTAZIONI**

Dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle corrispondenti “Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali” del C.N.R. (Fascicolo n. 4Ed. 1953) ed essere rispondenti alle specificazioni riportate nelle rispettive norme di esecuzione dei lavori.

### **2.6 GHIAIE - GHIAIETTI PER PAVIMENTAZIONI**

Dovranno corrispondere, come pezzatura e caratteristiche, ai requisiti stabiliti nella “Tabella U.N.I. 2710 Ed. giugno 1945” ed eventuali e successive modifiche.

Dovranno essere costituiti da elementi sani e tenaci, privi di elementi alterati, essere puliti e particolarmente esenti da materie eterogenee non presentare perdite di peso, per decantazione in acqua, superiori al 2%.

## **2.7 CORDONI - BOCCHETTE DI SCARICO - RISVOLTI - GUIDE DI RISVOLTO - SCIVOLI PER ACCESSI - GUIDE E MASSELLI PER PAVIMENTAZIONE**

Dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle "Tabelle U.N.I. 2712, 2713, 2714, 2715, 2716, 2717, 2718 Ed. 1945".

## **2.8 PIETRA NATURALE**

Le pietre da impiegare nelle murature e nei drenaggi, gabbionate, ecc., dovranno essere sostanzialmente compatte ed uniformi, sane e di buona resistenza alla compressione, prive di parti alterate.

Dovranno avere forme regolari e dimensioni adatte al loro particolare impiego.

Le pietre grezze per murature frontali non dovranno presentare screpolature e peli, dovranno essere sgrossate col martello ed anche con la punta, in modo da togliere le scabrosità più sentite nelle facce viste e nei piani di contatto in modo da permettere lo stabile assestamento su letti orizzontali e in perfetto allineamento.

## **2.9 MATERIALI LATERIZI**

Dovranno corrispondere ai requisiti di accettazione stabiliti con R.D. 16 novembre 1939, n. 2233 "Norme per l'accettazione dei materiali laterizi" ed altre Norme UNI: 1607; 5628-65; 5629-65; 5630-65; 5631-65; 5632-65; 5633-65.

I materiali dovranno essere ben cotti, di forma regolare, con spigoli ben profilati e dritti; alla frattura dovranno presentare struttura fine ed uniforme e dovranno essere senza calcinaroli e impurità.

I forati e le tegole dovranno risultare di pasta fine ed omogenea, senza impurità, ben cotti, privi di nodi, di bolle, senza ghiaietto o calcinaroli, sonori alla percussione.

## **2.10 MANUFATTI DI CEMENTO**

I manufatti di cemento di qualsiasi tipo dovranno essere fabbricati a regola d'arte, con dimensioni uniformi, dosature e spessore corrispondenti alle prescrizioni e ai tipi; saranno ben stagionati, di perfetto impasto e lavorazione, sonori alla percussione senza screpolature e muniti delle eventuali opportune sagomature alle due estremità per consentire una sicura connessione.

## **2.11 MATERIALI FERROSI**

Saranno esenti da scorie, soffiature, saldature o da qualsiasi altro difetto.

In particolare, essi si distinguono in:

- ✓ acciai per c.a., c.a.p. e carpenteria metallica: dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate con D.M. 14 febbraio 1992 in applicazione dell'art. 21 della Legge 5 novembre 1971, n. 1086;
- ✓ lamierino di ferro per formazione di guaine per armature per c.a.p.: dovrà essere del tipo laminato a freddo, di qualità extra dolce ed avrà spessore di



2/10 di mm;

- ✓ acciaio per apparecchi di appoggio e cerniere: dovrà soddisfare ai requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate con D.M. 14 febbraio 1992 in applicazione dell'art. 21 della Legge 5 novembre 1971, n. 1086.

## **2.12 LEGNAMI**

Da impiegare in opere stabili o provvisorie, di qualunque essenza essi siano, dovranno soddisfare a tutte le prescrizioni ed avere i requisiti delle precise categorie di volta in volta prescritte e non dovranno presentare difetti incompatibili con l'uso a cui sono destinati.

I legnami rotondi o pali dovranno provenire da vero tronco e non dai rami, saranno diritti in modo che la congiungente i centri delle due basi non esca in alcun punto dal palo.

Dovranno essere scortecciati per tutta la loro lunghezza e conguagliati alla superficie; la differenza fra i diametri medi delle estremità non dovrà oltrepassare il quarto del maggiore dei due diametri.

I legnami, grossolanamente squadrati ed a spigolo smussato, dovranno avere tutte le facce spianate, tollerandosi in corrispondenza ad ogni spigolo l'alburno e lo smusso in misura non maggiore di 1/5 della minore dimensione trasversale dell'elemento.

I legnami a spigolo vivo dovranno essere lavorati e squadrati a sega e dovranno avere tutte le facce esattamente spianate, senza rientranze o risalti, con gli spigoli tirati a filo vivo, senza alburno né smussi di sorta.

I legnami in genere dovranno corrispondere ai requisiti di cui al D.M. 30 ottobre 1912.

## **2.13 BITUMI - EMULSIONI BITUMINOSE**

Dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle corrispondenti "Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali -Caratteristiche per l'accettazione", Ed. maggio 1978; "Norme per l'accettazione delle emulsioni bituminose per usi stradali", Fascicolo n. 3, Ed. 1958; "Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali (Campionatura dei bitumi)", Ed. 1980.

## **2.14 BITUMI LIQUIDI O FLUSSATI**

Dovranno corrispondere ai requisiti di cui alle "Norme per l'accettazione dei bitumi liquidi per usi stradali", Fascicolo n. 7 -Ed. 1957 del C.N.R.

## **2.15 TELI DI "GEOTESSILE"**

Il telo "geotessile" avrà le seguenti caratteristiche:

- composizione: sarà costituito da polipropilene o poliestere senza l'impiego di collanti e potrà essere realizzato con le seguenti caratteristiche costruttive:

- ✓ con fibre a filo continuo;
- ✓ con fibre intrecciate con il sistema della tessitura industriale a "trama ed

ordito";

- ✓ con fibre di adeguata lunghezza intrecciate mediante agugliatura meccanica.

Il telo "geotessile" dovrà altresì avere le seguenti caratteristiche fisico-meccaniche:

- coefficiente di permeabilità: per filtrazioni trasversali, compreso fra 10-3 e 10-1 cm/sec (tali valori saranno misurati per condizioni di sollecitazione analoghe a quelle in sito);
- resistenza a trazione: misurata su striscia di 5 cm di larghezza non inferiore a 600 N/5cm <sup>(1)</sup>, con allungamento a rottura compreso fra il 10% e l'85%. Qualora nei tratti in trincea il telo debba assolvere anche funzione di supporto per i sovrastanti strati della pavimentazione, la D.L. potrà richiedere che la resistenza a trazione del telo impiegato sia non inferiore a 1200 N/5cm o a 1500 N/5cm, fermi restando gli altri requisiti.

Per la determinazione del peso e dello spessore del "geotessile" occorre effettuare le prove di laboratorio secondo le Norme C.N.R. pubblicate sul B.U. n. 110 del 23.12.1985 e sul B.U. n. 111 del 24.12.1985.

<sup>(1)</sup> Prova condotta su strisce di larghezza 5 cm e lunghezza nominale di 20 cm con velocità di deformazione costante e pari a 2 mm/sec; dal campione saranno prelevati 3 gruppi di 5 strisce cadauno secondo le tre direzioni: longitudinale, trasversale e diagonale; per ciascun gruppo si scarteranno i valori minimo e massimo misurati e la media sui restanti 3 valori dovrà risultare maggiore del valore richiesto.

### **3. PROVE DEI MATERIALI**

#### **3.1 CERTIFICATO DI QUALITÀ**

L'Appaltatore, per poter essere autorizzato ad impiegare i vari tipi di materiali (misti lapidei, conglomerati bituminosi, conglomerati cementizi, barriere di sicurezza, terre, cementi, calci idrauliche, acciai, ecc...) prescritti dalle presenti Norme Tecniche, dovrà esibire, prima dell'impiego, al Direttore dei Lavori, per ogni categoria di lavoro, i relativi "Certificati di qualità" rilasciati da un Laboratorio ufficiale.

Tali certificati dovranno contenere tutti i dati relativi alla provenienza e alla individuazione dei singoli materiali o loro composizione, agli impianti o luoghi di produzione, nonché i dati risultanti dalle prove di laboratorio atte ad accertare i valori caratteristici richiesti per le varie categorie di lavoro o di fornitura in un rapporto a dosaggi e composizioni proposte.

I certificati che dovranno essere esibiti tanto se i materiali sono prodotti direttamente, quanto se prelevati da impianti, da cave, da stabilimenti anche se gestiti da terzi, avranno una validità biennale. I certificati dovranno comunque essere rinnovati ogni qualvolta risultino incompleti o si verifichi una variazione delle caratteristiche dei materiali, delle miscele o degli impianti di produzione.

#### **3.2 ACCERTAMENTI PREVENTIVI**

Prima dell'inizio dei lavori comportanti l'impiego di materiali in quantità superiori a:

- ✓ 1.000 m<sup>3</sup> per i materiali lapidei e conglomerati bituminosi,
- ✓ 500 m<sup>3</sup> per i conglomerati cementizi,
- ✓ 50 t per i cementi e le calci,
- ✓ 5.000 m per le barriere,

il Direttore dei Lavori, presa visione dei certificati di qualità presentati dall'Appaltatore, disporrà, se necessario (e a suo insindacabile giudizio) ulteriori prove di controllo di laboratorio a spese dell'Appaltatore.

Se i risultati di tali accertamenti fossero difformi rispetto a quelli dei certificati, si darà luogo alle necessarie variazioni qualitative e quantitative dei singoli componenti, ed all'emissione di un nuovo certificato di qualità.

Per tutti i ritardi nell'inizio dei lavori derivanti dalle difformità sopra accennate e che comportino una protrazione del tempo utile contrattuale sarà applicata la penale prevista nell'Art. "Tempo utile per dare compiuti i lavori - penalità in caso di ritardo" delle Norme Generali.

### **3.3 PROVE DI CONTROLLO IN FASE ESECUTIVA**

L'Appaltatore sarà obbligato a prestarsi in ogni tempo e di norma periodicamente per le forniture di materiali di impiego continuo, alle prove ed esami dei materiali impiegati e da impiegare, che saranno richiesti dalla D.L. e dalla Commissione di collaudo.

In particolare, tutte le prove ed analisi dei materiali saranno eseguite presso laboratorio autorizzato.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio.

Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nel competente Ufficio Compartimentale previa apposizione di sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Appaltatore e nei modi più adatti a garantirne l'autenticità e la conservazione.

I risultati ottenuti in tali Laboratori saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti; ad essi si farà esclusivo riferimento a tutti gli effetti delle presenti Norme Tecniche.

#### 4. ACCIAIO PER C.A. E C.A.P.

##### 4.1 ACCIAIO PER C.A. PER C.A.P

##### 4.1.1 Acciaio ordinario per c.a. ad aderenza migliorata

La tipologia di acciaio utilizzata in progetto è:

- Acciaio tipo B450C
  - ✓ barre d'acciaio ( $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 40 \text{ mm}$ ), rotoli ( $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$ );
  - ✓ prodotti raddrizzati ottenuti da rotoli con diametri  $\leq 16 \text{ mm}$ ;
  - ✓ reti elettrosaldate:  $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$ ;
  - ✓ tralicci elettrosaldati  $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$ .

Essa deve possedere tutti i requisiti previsti dal DM 17-01-2018, che specifica le caratteristiche tecniche che devono essere verificate, i metodi di prova e le condizioni di prova. L'acciaio deve essere qualificato all'origine, deve portare impresso, come prescritto dalle suddette norme, il marchio indelebile che lo renda costantemente riconoscibile e riconducibile inequivocabilmente allo stabilimento di produzione.

##### 4.1.2 Controlli sull'acciaio

I controlli avverranno con le modalità e le frequenze indicate nei punti seguenti. Si precisa che per tutte le forniture dichiarate non idonee (e conseguentemente rifiutate) dalla Direzione dei Lavori, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese all'allontanamento dal cantiere ed al rimpiazzo con nuove forniture.

##### 4.1.2.1 Controllo della documentazione

In cantiere è ammessa esclusivamente la fornitura e l'impiego di acciai saldabili B450C e B450A ad aderenza migliorata, qualificati secondo le procedure indicate nel **DM 17-01-2018** al § 11.3.1.6 e controllati con le modalità riportate nei §§ 11.3.2.10 e 11.3.2.11 del citato decreto. Tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate da copia dell'"Attestato di Qualificazione" rilasciato dal Consiglio Superiore dei LL.PP. -Servizio Tecnico Centrale.

I centri di trasformazione sono impianti esterni alla fabbrica e al cantiere, fissi o mobili, che ricevono dal produttore di acciaio elementi base (barre o rotoli, reti, lamiere o profilati, profilati cavi, ecc.) e confezionano elementi strutturali direttamente impiegabili in cantiere (staffe, ferri piegati, gabbie, ecc.), pronti per la messa in opera o per successive ulteriori lavorazioni. Tali centri devono possedere i requisiti ed operare in conformità alle disposizioni dei §§11.3.1.7 e 11.3.2.10.3 del **DM 17-01-2018**.

Per i prodotti provenienti dai centri di trasformazione è necessaria la documentazione atta ad assicurare che le lavorazioni effettuate non hanno alterato le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti previste dal **DM 17-01-2018**. Inoltre, dovrà essere fornita alla Direzione dei Lavori la seguente documentazione aggiuntiva:

- ✓ certificato di collaudo tipo 3.1 in conformità alla norma UNI EN 10204;
- ✓ certificato Sistema Gestione Qualità UNI EN ISO 9001;
- ✓ certificato Sistema Gestione Ambientale UNI EN ISO 14001;
- ✓ dichiarazione di conformità al controllo radiometrico (che può anche essere inserita nel certificato di collaudo tipo 3.1);
- ✓ polizza assicurativa per danni derivanti dal prodotto.

Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio dovranno essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante o trasformatore intermedio. In quest'ultimo caso per gli elementi presaldati, presagomati o preassemblati in aggiunta agli "Attestati di Qualificazione" dovranno essere consegnati i certificati delle prove fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione. Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore intermedio devono essere dotati di una specifica marcatura che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso, in aggiunta alla marcatura del prodotto di origine.

La Direzione dei Lavori prima della messa in opera provvederà a verificare quanto sopra indicato; in particolare controllerà la rispondenza tra la marcatura riportata sull'acciaio con quella riportata sui certificati consegnati. La mancata marcatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile e pertanto le forniture saranno rifiutate.

#### **4.1.2.2 Controlli di accettazione**

La Direzione dei Lavori disporrà all'Impresa di eseguire, a proprie spese e sotto il controllo diretto della stessa D.L., i controlli di accettazione sull'acciaio consegnato in cantiere in conformità con le indicazioni contenute nel **DM 17-01-2018** al § 11.3.2.10.4. Il campionamento ed il controllo di accettazione dovranno essere effettuati entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale.

All'interno di ciascun lotto (formato da massimo 30 t) consegnato e per tre differenti diametri delle barre in essa contenuta, si dovrà procedere al campionamento di tre spezzoni di acciaio, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi agli altri lotti presenti in cantiere e provenienti da altri stabilimenti.

Non saranno accettati fasci di acciaio contenenti barre di differente marcatura.

Qualora la fornitura di elementi sagomati o assemblati provenga da un Centro di trasformazione la Direzione dei Lavori, dopo essersi accertata preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti al § 11.3.1.7

del **DM 17-01-2018**, potrà usufruire del medesimo Centro di trasformazione per effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso le modalità di controllo sono definite al § 11.3.2.10.4 del **DM 17-01-2018**.

Resta nella discrezionalità della Direzione dei Lavori effettuare tutti gli eventuali ulteriori controlli ritenuti opportuni (es. indice di aderenza, saldabilità).

#### **4.1.3 Lavorazioni in cantiere - raggi minimi di curvatura**

Il diametro minimo di piegatura deve essere tale da evitare fessure nella barra dovute alla piegatura e rottura del calcestruzzo nell'interno della piegatura. Per definire i valori minimi da adottare ci si riferisce alle prescrizioni contenute nella UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) al § 8.3 "Diametri ammissibili dei mandrini per barre piegate"; in particolare si ha:

<b>Diametro barra</b>	<b>Diametro minimo del mandrino per piegature, uncini e ganci</b>
$\varnothing \leq 16 \text{ mm}$	4 $\varnothing$
$\varnothing > 16 \text{ mm}$	7 $\varnothing$

#### **4.1.4 Deposito e conservazione in cantiere**

Alla consegna in cantiere, l'Impresa avrà cura di depositare l'acciaio in luoghi protetti dagli agenti atmosferici. In particolare, per quei cantieri posti ad una distanza inferiore a 2 km dal mare, le barre di armatura dovranno essere protette con appositi teli dall'azione dell'aerosol marino.

### **4.2 ACCIAIO PER C.A. AD ADERENZA MIGLIORATA ZINCATO A CALDO**

Quando previsto in progetto gli acciai in barre e le reti di acciaio elettrosaldate dovranno essere zincate a caldo.

#### **4.2.1 Qualità degli acciai da zincare a caldo**

Per gli acciai da zincare a caldo valgono le medesime regole sulla qualità e sulle verifiche indicate per gli acciai ordinari.

Gli acciai da sottoporre al trattamento di zincatura a caldo dovranno essere caratterizzati da un tenore di silicio inferiore allo 0,03-0,04% oppure compreso nell'intervallo 0,15-0,25%.

## **4.2.2 Zincatura a caldo per immersione**

### **4.2.2.1 Trattamento preliminare**

Comprende le operazioni di sgrassaggio decapaggio, risciacquo, flussaggio, essiccamento e preriscaldamento a 400 -430 K.

### **4.2.2.2 Immersione in bagno di zinco**

Dovrà essere impiegato zinco vergine o di prima fusione in pani da fonderia, corrispondente alla designazione Zn 99,99 delle Norme UNI EN 1179/05, avente contenuto minimo di zinco del 99,99%.

Il bagno di zinco fuso dovrà avere temperatura compresa tra 710-723 K; in nessun caso dovrà essere superata la temperatura massima di 730 K. Il tempo di immersione delle barre nel bagno di zinco sarà variabile in funzione del loro diametro e del peso del rivestimento in zinco, che non dovrà mai discostarsi di +10% dalla quantità di 610 g/m' di superficie effettivamente rivestita, corrispondente ad uno spessore di 85 gm  $\pm$  10%.

Seguirà il trattamento di cromatazione, se previsto in progetto, per impedire eventuali reazioni tra le barre e il calcestruzzo fresco.

### **4.2.2.3 Finitura e aderenza del rivestimento**

Il rivestimento di zinco dovrà presentarsi regolare, uniformemente distribuito, privo di zone scoperte, di bolle, di macchie di flusso, di inclusioni, di scorie, di macchie acide o nere.

Dovrà essere aderente alla barra in modo da non poter venire rimosso da ogni usuale processo di movimentazione, lavorazione e posa in opera.

Barre eventualmente incollate assieme dopo la zincatura e barre che presentano gocce e/o punte aguzze saranno rifiutate.

### **4.2.2.4 Verifiche**

Le verifiche saranno condotte per unità di collaudo costituite da partite del peso max di t 25.

In primo luogo, la Direzione Lavori procederà in contraddittorio con l'Impresa ad una accurata ispezione visiva della partita per accertare lo stato della zincatura. In presenza di zone scoperte o di altre irregolarità superficiali le forniture saranno rifiutate e l'impresa dovrà allontanarle dal cantiere a sua cura e spese.

Dovrà essere verificato il peso dello strato di zincatura mediante differenza di massa tra il campione zincato e lo stesso dopo la dissoluzione dello strato di zincatura (metodo secondo Aupperle) secondo la Norma UNI EN ISO 1461:1999.



Da ciascuna partita saranno prelevati 9 campioni casuali: sarà determinato il peso medio del rivestimento di zinco su tre dei campioni prelevati; se risulterà uguale o superiore a  $610 \text{ g/m}^2 + 10\%$  la partita sarà accettata.

In caso contrario la prova sarà estesa agli altri 6 campioni: se anche per questi ultimi il peso medio del rivestimento risulterà inferiore a  $610 \text{ g/m}^2 - 10\%$  la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell'Impresa.

La verifica della uniformità dello strato di zincatura sarà effettuata mediante un minimo di 5 immersioni, ciascuna della durata di un minuto, dei campioni in una soluzione di solfato di rame e acqua distillata (metodo secondo Preece) secondo la Norma UNI EN ISO 1460:1997.

Da ciascuna partita saranno prelevati 9 campioni casuali: saranno sottoposti a prova 3 campioni.

Se dopo 5 immersioni ed il successivo lavaggio non si avrà nell'acciaio alcun deposito di rame aderente metallico e brillante, la partita sarà accettata. In caso contrario la prova sarà estesa agli altri 6 campioni:

- ✓ se presenterà depositi di rame uno solo dei campioni prelevati la partita sarà accettata;
- ✓ se il numero dei campioni che presentano depositi di rame sarà più di 1, ma comunque non superiore a 3 dei 9 prelevati, la partita sarà accettata ma verrà applicata una penale al lotto che non possiede i requisiti richiesti; se il numero dei campioni che presentano depositi di rame sarà superiore a 3, la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell'Impresa.

Tutte le prove e le verifiche dovranno essere effettuate a cura dell'Impresa sotto il controllo della Direzione Lavori, presso i Laboratori indicati dalla medesima.

#### **4.2.2.5 Certificazioni**

Il produttore dovrà presentare per ogni fornitura la certificazione attestante che la zincatura è stata realizzata secondo le specifiche. La Direzione Lavori si riserva di effettuare controlli presso lo stabilimento dove viene effettuato il trattamento di zincatura.

#### **4.2.2.6 Lavorazione**

Il trattamento di zincatura a caldo potrà essere effettuato prima o dopo la lavorazione e piegatura delle barre, salvo diversa prescrizione che la Direzione Lavori si riserva d'impartire in corso d'opera. Quando la zincatura viene effettuata prima della piegatura, eventuali scagliature del rivestimento di zinco nella zona di piegatura ed i tagli dovranno essere trattati con ritocchi di primer zincante organico bi-componente dello spessore di 80-100 micron.

## **5. CALCESTRUZZI**

### **5.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Le presenti prescrizioni si intendono integrative delle Norme Tecniche di cui al **DM 17-01-2018**, emanate in applicazione all'art. 52 del DPR n°380 del 06/06/2001.

In particolare, le verifiche e le elaborazioni saranno condotte osservando tutte le vigenti disposizioni di Legge e le Norme emanate in materia.

L'Impresa sarà tenuta all'osservanza:

- ✓ della Legge 5 novembre 1971, n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" (G.U. n. 321 del 21.12.1971);
- ✓ del Decreto del Presidente della Repubblica n° 380 del 6 giugno 2001, "Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia" (S.O. n.239 alla G.U. n. 245 del 20.10.2001);
- ✓ DM 17-01-2018.

Gli elaborati di progetto dovranno indicare tutte le tipologie di calcestruzzo (come meglio specificato nel seguito) ed i tipi di acciaio da impiegare.

### **5.2 CLASSIFICAZIONE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI**

Tutti i calcestruzzi impiegati saranno a "prestazione garantita", in conformità alla UNI EN 206-1. Ciascuna tipologia di conglomerato dovrà soddisfare i seguenti requisiti in accordo con quanto richiesto dalle norme UNI 11104 e UNI EN 206-1 in base alla classe (ovvero alle classi) di esposizione ambientale dell'opera cui il calcestruzzo è destinato:

- ✓ massimo rapporto (a/c);
- ✓ classe di resistenza caratteristica a compressione minima;
- ✓ classe di consistenza o indicazione numerica di abbassamento al cono ovvero classe di spandimento alla tavola a scosse;
- ✓ aria aggiunta (solo per le classi di esposizione XF2, XF3, XF4);
- ✓ contenuto minimo di cemento al m<sup>3</sup>;
- ✓ tipo di cemento (solo quando esplicitamente richiesto dalle norme succitate);
- ✓ diametro massimo (D<sub>max</sub>) nominale dell'aggregato;
- ✓ classe di contenuto in cloruri del calcestruzzo (secondo il § 5.2.7 della UNI EN 206-1).

Nella tabella I sono riportate le tipologie di conglomerato ed i loro campi di impiego in via generale. Resta inteso che le indicazioni del Progettista, qualora differenti, sono comunque vincolanti.

**Regione Campania – Acqua Campania S.p.a.**  
**UTILIZZO IDROPOTABILE DELLE ACQUE DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO**  
**E POTENZIAMENTO DELL'ALIMENTAZIONE POTABILE PER L'AREA BENEVENTANA**  
**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA**

**Tab. 5.1 – Tipologie di calcestruzzo**

Tipo	Campi di impiego	(UNI 11104- prosp.1)	(UNI 11104-prosp. 4)				D <sub>MAX</sub> mm	Classe di consistenz a **	Tipo di cemento (se necessario)	Classe contenuto in cloruri
		Classi esposizione ambientale	Classe resistenza  C (X/Y)	Rapporto a/c max	Contenuto minimo di cemento [kg/m <sup>3</sup> ]	Contenuto di aria in % (solo per classi XF2, XF3 e XF4)				
I-A	strutture di fondazione amate quali plinti, cordoli, pali, travi rovesce, paratie, platee, blocchi di ancoraggio, diaframmi e muri interrati in terreni non aggressivi	XC2	C (25/30)	0.60	300	---	32	S4		Cl 0.4
I-B	strutture di fondazione amate (come I-A) di grande spessore *	XC2	C (25/30)	0.60	300	---	32	S4	LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1:2007	Cl 0.4
II-A	strutture orizzontali di ponti, viadotti, cavalcavia, sottovia e ponticelli con luci superiori agli 8.00 m: impalcati, solette, marciapiedi, barriere e sicurvia	XC4	C (32/40)	0.50	340	---	32	S5 ovvero 230±30 mm		Cl 0.4
II-B	strutture orizzontali di ponti, viadotti, cavalcavia, sottovia e ponticelli con luci superiori agli 8.00 m soggetti a clima rigido e a sali disgelanti: impalcati, solette, marciapiedi, barriere e sicurvia	XC4 XF4 XD3	C (28/35)	0.45	360	5 ± 0.5	32	S5 ovvero 230±30 mm		Cl 0.2
II-C	strutture orizzontali di ponti, viadotti, cavalcavia, sottovia e ponticelli con luci superiori agli 8.00 m situati lungo zone costiere: impalcati, solette, marciapiedi, barriere e sicurvia	XC4 XS1	C (32/40)	0.50	340	---	32	S5 ovvero 230±30 mm		Cl 0.2
III-A	strutture verticali di ponti, viadotti, cavalcavia, sottovia e ponticelli con luci superiori agli 8.00 m: pile, pulvini, spalle, muri accessori	XC4	C (32/40)	0.50	340	---	32	S4		Cl 0.4
		(UNI 11104- prosp.1)	(UNI 11104-prosp. 4)							
Tipo	Campi di impiego	Classi esposizione ambientale	Classe resistenza	Rapporto a/c max	Contenuto minimo di cemento	Contenuto di aria in % (solo per classi XF2, XF3 e XF4)	D <sub>MAX</sub>	Classe di consistenz a **	Tipo di cemento	Classe contenuto in cloruri
III-B	strutture verticali di ponti, viadotti, cavalcavia, sottovia e ponticelli con luci superiori agli 8.00 m soggetti a clima rigido e a sali disgelanti: pile, pulvini, spalle, muri accessori	XC4 XF2 XD3	C (28/35)	0.45	360	5 ± 0.5	32	S4		Cl 0.2
III-C	strutture verticali di ponti, viadotti, cavalcavia, sottovia e ponticelli con luci superiori agli 8.00 m situati lungo zone costiere: pile, pulvini, spalle, muri accessori	XC4 XS1	C (32/40)	0.50	340	---	32	S4		Cl 0.2
IV-A	- porzioni in elevazione di muri di sottoscampa e controripa in c.a. - ponticelli con luce inferiore a 8.00 m - tombini scatolari - cunette e cordoli laterali	XC4	C (32/40)	0.50	340	---	32	S4		Cl 0.4
IV-B	- porzioni in elevazione di muri di sottoscampa e controripa in c.a. soggetti a clima rigido - ponticelli con luce inferiore a 8.00 m - tombini scatolari - cunette e cordoli laterali	XC4 XF2 XD1	C (28/35)	0.45	360	5 ± 0.5	32	S4		Cl 0.2
V	strutture di elevazione di grande spessore: pile da ponte e muri di sostegno, che in servizio sono esposte all'azione della pioggia in zone a clima temperato e rigido *	XC4	C (32/40)	0.50	340	---	32	S4	LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1:2007	Cl 0.4
VII	- muri di sottoscampa e controripa in calcestruzzo semplice o debolmente armato (fino ad un'incidenza massima di 30 kg/m <sup>2</sup> ) - fondazioni non armate (pozzi, sottopinti, etc.) - rivestimenti di tubazioni (tombini tubolari, etc.) - prismi per difese spondali	X0	C (20/25)	0.65	260	---	32	S4		Cl 0.4

(\*) per la classificazione delle opere di grande spessore cfr. punto 5.6.8

(\*\*) i valori della consistenza possono essere indicati diversamente a discrezione del Progettista, sulla base della geometria degli elementi strutturali, della loro posizione, della densità d'armatura e delle modalità esecutive

Con riguardo alle indicazioni sui calcestruzzi contenute nella tabella I, si specifica che gli elementi prefabbricati eventualmente utilizzati all'interno di strutture gettate in opera (es. travi di impalcati, etc.) ovvero in luogo delle stesse (es. cordoli, cunette, sicurvia, barriere, etc.) dovranno comunque rispettare i requisiti di resistenza caratteristica minima richiesti.

### **5.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI COSTITUENTI I CONGLOMERATI CEMENTIZI**

I materiali ed i prodotti per uso strutturale utilizzati per la realizzazione di opere in c.a. e c.a.p. devono rispondere ai requisiti indicati al § 11.1 del DM 17-01-2018. In particolare, per i materiali e prodotti recanti la Marcatura CE sarà onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marcatura stessa e richiedere ad ogni fornitore, per ogni diverso prodotto, il Certificato ovvero Dichiarazione di Conformità alla parte armonizzata della specifica norma europea ovvero allo specifico Benestare Tecnico Europeo, per quanto applicabile. Sarà inoltre onere del Direttore dei Lavori verificare che tali prodotti rientrino nelle tipologie, classi e/o famiglie previsti nella detta documentazione. Per i prodotti non recanti la Marcatura CE, il Direttore dei Lavori dovrà accertarsi del possesso e del regime di validità dell'Attestato di Qualificazione (caso B) o del Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego (caso C) rilasciato del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Ad eccezione di quelli in possesso di Marcatura CE, possono essere impiegati materiali o prodotti conformi ad altre specifiche tecniche qualora dette specifiche garantiscano un livello di sicurezza equivalente a quello previsto nelle presenti norme. Tale equivalenza sarà accertata attraverso procedure all'uopo stabilite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, sentito lo stesso Consiglio Superiore.

#### **5.3.1 Cemento**

Tutti i manufatti in c.a. e c.a.p. dovranno essere eseguiti impiegando unicamente cementi provvisti di attestato di conformità CE che soddisfino i requisiti previsti dalla norma UNI EN 197-1:2007. Qualora vi sia l'esigenza di eseguire getti massivi, al fine di limitare l'innalzamento della temperatura all'interno del getto in conseguenza della reazione di idratazione del cemento, sarà opportuno utilizzare cementi comuni a basso calore di idratazione contraddistinti dalla sigla LH contemplati dalla norma UNI EN 197-1:2007. Se è prevista una classe di esposizione XA, secondo le indicazioni della norma UNI EN 206 e UNI 11104, conseguente ad un'aggressione di tipo solfatico o di dilavamento della calce, sarà necessario utilizzare cementi resistenti ai solfati o alle acque dilavanti in accordo con la UNI 9156 o la UNI 9606.

#### **5.3.1.1 Controlli sul cemento - controllo della documentazione**

In cantiere o presso l'impianto di confezionamento del calcestruzzo è ammessa esclusivamente la fornitura di cementi di cui al § 3.1. Tutte le forniture di cemento devono essere accompagnate dall'attestato di conformità CE.

Le forniture effettuate da un intermediario, ad esempio un importatore, dovranno essere accompagnate dall'Attestato di Conformità CE rilasciato dal produttore di cemento e completato con i riferimenti ai Documenti di Trasporto dei lotti consegnati dallo stesso intermediario. La Direzione dei Lavori è tenuta a verificare periodicamente quanto sopra indicato, in particolare la corrispondenza del cemento consegnato, come rilevabile dalla documentazione anzidetta, con quello previsto per la realizzazione dei calcestruzzi.

#### **5.3.1.2 Controllo di accettazione**

La Direzione dei Lavori potrà richiedere controlli di accettazione sul cemento in arrivo in cantiere nel caso in cui il calcestruzzo sia prodotto da impianto di confezionamento installato all'interno del cantiere stesso e non operante con processo industrializzato (di cui al punto 8.4.2). Il prelievo del cemento dovrà avvenire al momento della consegna in conformità alla norma UNI EN 196-7. L'impresa dovrà assicurarsi, prima del campionamento, che il sacco da cui si effettua il prelievo sia in perfetto stato di conservazione o, alternativamente, che l'autobotte sia ancora munita di sigilli; il campionamento sarà effettuato in contraddittorio con un rappresentante del produttore di cemento. Il controllo di accettazione di norma potrà avvenire indicativamente ogni 5.000 tonnellate di cemento consegnato. Il campione di cemento prelevato sarà suddiviso in almeno tre parti di cui una verrà inviata ad un Laboratorio di cui all'art 59 del D.P.R. n. 380/2001 scelto dalla Direzione dei Lavori, un'altra è a disposizione dell'impresa e la terza rimarrà custodita, in un contenitore sigillato, per eventuali controprove.

#### **5.3.2 Aggiunte**

Per le aggiunte di tipo I (praticamente inerti) si farà riferimento alla norma UNI EN 12620. Per le aggiunte di tipo II (pozzolaniche o ad attività idraulica latente) si farà riferimento alla UNI 11104 § 4.2 e alla UNI EN 206-1 § 5.1.6 e § 5.2.5. La conformità delle aggiunte alle relative norme dovrà essere dimostrata in fase di verifica preliminare delle miscele di cui al successivo punto 8.4 e, in seguito, ogni qualvolta la Direzione dei Lavori ne faccia richiesta.

##### **5.3.2.1 Ceneri volanti**

Le ceneri provenienti dalla combustione del carbone, ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunte di tipo II, devono essere conformi alla UNI EN 450 e provviste di marcatura CE in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata. Le ceneri non conformi alla UNI EN 450, ma conformi alla UNI EN 12620

possono essere utilizzate nel calcestruzzo come aggregato. Ai fini del calcolo del rapporto a/c equivalente, il coefficiente k per le ceneri conformi alla UNIEN 450, come definito al § 5.2.5.2 della UNI-EN 206-1, verrà desunto in accordo al prospetto 3 della UNI 11104 di seguito riportato.

**Tabella II - Valori del coefficiente k per ceneri volanti conformi alla UNI EN 450 (prospetto 3, UNI 11104)**

Tipo di cemento	Classi di resistenza	Valori di k
CEM I	32.5 N, R	0.2
CEM I	42.5 N, R	0.4
	52.5 N, R	
CEM III/A	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	
CEM III/A	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	
CEM IV/A	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	
CEM V/A	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	

### 5.3.2.2 Fumo di silice

I fumi di silice provenienti dalle industrie che producono il silicio metallico e le leghe ferro-silicio, ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunte di tipo II, devono essere conformi alla UNI EN 13263 parti 1 e 2 e provviste di marcatura CE in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata. Il fumo di silice può essere utilizzato allo stato naturale (in polvere così come ottenuto all'arco elettrico), come sospensione liquida (c.d. "slurry") di particelle con contenuto secco del 50% in massa, oppure in sacchi di premiscelato contenenti fumo di silice e additivo superfluidificante. Se impiegato in forma di slurry il quantitativo di acqua apportato dalla sospensione contenente fumo di silice dovrà essere tenuto in conto nel calcolo del rapporto acqua/cemento equivalente.

In deroga a quanto riportato al § 5.2.5.2.3 della norma UNI EN 206-1 la quantità massima di fumo di silice che può essere considerata agli effetti del rapporto acqua/cemento equivalente e del contenuto di cemento deve soddisfare il requisito:

*fumo di silice ≤ 7% rispetto alla massa di cemento.*

Se la quantità di fumi di silice che viene utilizzata è maggiore, l'eccesso non deve essere considerato agli effetti del valore di k. Ai fini del calcolo del rapporto a/c equivalente il coefficiente k verrà desunto dal prospetto seguente che deve intendersi generalmente riferito a fumi di silice utilizzati nel confezionamento di calcestruzzi impiegando

esclusivamente cementi tipo I e CEM II-A di classe 42,5 e 42,5R conformi alla UNI EN 197-1:

- ✓ per un rapporto a/c prescritto  $\leq 0,45$        $k = 2,0$
- ✓ per un rapporto a/c prescritto  $> 0,45$        $k = 2,0$ , eccetto  $k = 1,0$  in presenza delle classi di esposizione XC e XF

La quantità (cemento +  $k \cdot$  quantità fumo di silice, c.d. contenuto di cemento equivalente) non deve comunque risultare inferiore al dosaggio minimo di cemento richiesto ai fini della durabilità in funzione della classe (o delle classi) di esposizione ambientale in cui la struttura ricade.

L'impiego di fumo di silice con cementi diversi da quelli sopramenzionati è subordinato all'approvazione preliminare della Direzione dei Lavori.

### **5.3.3 Aggregati**

Gli aggregati impiegati per il confezionamento del calcestruzzo potranno provenire da vagliatura e trattamento dei materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava; essi dovranno possedere marcatura CE secondo il D.P.R. n. 246/93 e successivi decreti attuativi. Copia della documentazione dovrà essere custodita dalla Direzione dei Lavori e dall'Impresa. In assenza di tali certificazioni il materiale non potrà essere posto in opera, e dovrà essere allontanato e sostituito con materiale idoneo. L'attestazione di marcatura CE dovrà essere consegnata alla D.L. ad ogni eventuale cambiamento di cava. Gli aggregati saranno conformi ai requisiti delle norme UNI EN 12620 e UNI 8520-2 con i relativi riferimenti alla destinazione d'uso del calcestruzzo (§ 4.8 della UNI 8520-2).

La massa volumica media del granulo in condizioni s.s.a. (saturo a superficie asciutta) deve essere pari o superiore a  $2300 \text{ kg/m}^3$ . A questa prescrizione si potrà derogare solo in casi di comprovata impossibilità di approvvigionamento locale, purché siano continuamente rispettate le prescrizioni in termini di resistenza caratteristica a compressione e di durabilità. Per opere caratterizzate da un elevato rapporto superficie/volume, laddove assume un'importanza predominante la minimizzazione del ritiro igrometrico del calcestruzzo, occorrerà preliminarmente verificare che l'impiego di aggregati di minore massa volumica non determini un incremento del ritiro rispetto ad un analogo conglomerato confezionato con aggregati di massa volumica media maggiore di  $2300 \text{ Kg/m}^3$ . Per i calcestruzzi con classe di resistenza a compressione maggiore di C(50/60) dovranno essere utilizzati aggregati di massa volumica maggiore di  $2600 \text{ kg/m}^3$ . Gli aggregati dovranno rispettare i requisiti minimi imposti dalla norma UNI 8520-2 relativamente al contenuto di sostanze nocive. In particolare:

- ✓ il contenuto di solfati solubili in acido (espressi come  $\text{SO}_3$  da determinarsi con la procedura prevista dalla UNI-EN 1744-1 punto 12) dovrà risultare inferiore allo 0.2% sulla massa dell'aggregato indipendentemente dal fatto che l'aggregato sia grosso oppure fine (aggregati con classe di contenuto di solfati AS0,2);
- ✓ il contenuto totale di zolfo (da determinarsi con UNI-EN 1744-1 punto 11)

dovrà risultare inferiore allo 0.1%;

- ✓ gli aggregati non dovranno contenere forme di silice amorfa alcali-reattiva o in alternativa dovranno evidenziare espansioni su prismi di malta, valutate con la prova accelerata e/o con la prova a lungo termine in accordo alla metodologia prevista dalla UNI 8520-22, inferiori ai valori massimi riportati nella UNI 8520 parte 2.

È consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo nel rispetto delle prescrizioni imposte dal § 11.2.9.2 del **DM 17-01-2018**, purché l'utilizzo non pregiudichi alcuna caratteristica del calcestruzzo, né allo stato fresco, né indurito.

#### **5.3.4 Acqua di impasto**

Per la produzione del calcestruzzo dovranno essere impiegate le acque potabili e quelle di riciclo conformi alla UNI EN 1008:2003.

#### **5.3.5 Additivi**

Gli additivi per la produzione del calcestruzzo devono possedere la marcatura CE ed essere conformi, in relazione alla particolare categoria di prodotto cui essi appartengono, ai requisiti imposti dai rispettivi prospetti della norma UNI EN 934 (parti 2, 3, 4 e 5). Per gli altri additivi che non rientrano nelle classificazioni della norma armonizzata si dovrà verificarne l'idoneità all'impiego in funzione dell'applicazione e delle proprietà richieste per il calcestruzzo.

È onere dell'Impresa verificare preliminarmente i dosaggi ottimali di additivo per conseguire le prestazioni reologiche e meccaniche richieste oltre che per valutare eventuali effetti indesiderati. Per la produzione degli impasti è opportuno che vi sia un impiego costante di additivi fluidificanti/riduttori di acqua o superfluidificanti/riduttori di acqua ad alta efficacia per limitare il contenuto di acqua di impasto, migliorare la stabilità dimensionale del calcestruzzo e la durabilità delle opere.

Per le riprese di getto si potrà far ricorso all'utilizzo di ritardanti di presa e degli adesivi per riprese di getto: in ogni caso dovrà essere evitata qualsiasi soluzione di continuità degli elementi strutturali. Nel periodo invernale al fine di evitare i danni derivanti dalla azione del gelo, in condizioni di maturazione al di sotto dei 5 °C, si farà ricorso, oltre che agli additivi superfluidificanti, all'utilizzo di additivi acceleranti di presa e di indurimento privi di cloruri (cfr. punto 8.3.1). Per le strutture sottoposte all'azione del gelo e del disgelo, si farà ricorso all'impiego di additivi aeranti come prescritto dalle norme UNI EN 206-1 e UNI 11104.

#### **5.4 QUALIFICA PRELIMINARE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI**

In accordo al DM 17-01-2018 per la produzione del calcestruzzo si possono configurare due differenti possibilità:

- ✓ calcestruzzo prodotto senza processo industrializzato;
- ✓ calcestruzzo prodotto con processo industrializzato.



Le miscele, se prodotte con un processo industrializzato di cui meglio si specifica nel seguito, non necessitano di alcuna prequalifica, che si richiede invece per conglomerati prodotti senza processo industrializzato.

#### **5.4.1 Calcestruzzo prodotto senza processo industrializzato**

Tale situazione si configura unicamente nella produzione di quantitativi di miscele omogenee inferiori ai 1500 m<sup>3</sup>, effettuate direttamente in cantiere mediante processi di produzione temporanei e non industrializzati. In tal caso la produzione deve avvenire sotto la diretta responsabilità dell'Impresa e con la diretta vigilanza della Direzione dei Lavori. In questo caso, l'Impresa è tenuta ad effettuare la qualificazione iniziale delle miscele per mezzo della "Valutazione preliminare della Resistenza" (§ 11.2.3 del DM 17-01-2018) prima dell'inizio della costruzione dell'opera, attraverso idonee prove preliminari atte ad accertare la resistenza caratteristica per ciascuna miscela omogenea di conglomerato che sarà utilizzata per la costruzione dell'opera (indicata in tabella I). La qualificazione iniziale di tutte le miscele utilizzate deve effettuarsi per mezzo di prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001.

Nella relazione di prequalifica l'impresa dovrà fare esplicito riferimento a:

- ✓ materiali che si intendono utilizzare, indicandone provenienza, tipo e qualità;
- ✓ documentazione comprovante la marcatura CE dei materiali costituenti;
- ✓ massa volumica reale s.s.a. e assorbimento, per ogni classe di aggregato, valutati secondo la Norma UNI8520;
- ✓ diametro nominale massimo degli aggregati e studio granulometrico;
- ✓ tipo, classe e dosaggio del cemento;
- ✓ rapporto acqua-cemento;
- ✓ massa volumica del calcestruzzo fresco e calcolo della resa;
- ✓ classe di esposizione ambientale cui è destinata la miscela;
- ✓ tipo e dosaggio degli eventuali additivi;
- ✓ contenuto di aria della miscela;
- ✓ proporzionamento analitico della miscela e resa volumetrica;
- ✓ classe di consistenza del calcestruzzo;
- ✓ resistenza caratteristica a compressione a 28 gg ( $R_{ck}$ ) e risultati delle prove di resistenza a compressione;
- ✓ curve di resistenza nel tempo (almeno per il periodo 3-28 giorni, salvo indicazioni differenti da parte della Direzione Lavori);
- ✓ caratteristiche dell'impianto di confezionamento e stato delle tarature;
- ✓ sistemi di trasporto, di posa in opera e maturazione dei getti.

La relazione di prequalifica, per ogni classe di conglomerato cementizio che figura in tabella I, dovrà essere sottoposta all'esame della Direzione dei Lavori almeno 30 giorni prima dell'inizio dei relativi getti. La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei getti di conglomerato cementizio solo dopo aver esaminato ed approvato detta relazione e dopo aver effettuato, in contraddittorio con l'Impresa, impasti di prova del calcestruzzo per la verifica dei requisiti di cui alla tabella I. Per la preparazione, la forma, le dimensioni e la

stagionatura dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-1:2002 e UNI EN 12390-2:2002. Circa il procedimento da seguire per la determinazione della resistenza a compressione dei provini vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-3:2003 e UNI EN 12390-4:2002.

Le miscele verranno autorizzate qualora la resistenza a compressione media per ciascun tipo di conglomerato cementizio, misurata a 28 giorni sui provini prelevati dagli impasti di prova all'impianto di confezionamento, non si discosti di  $\pm 10\%$  dal valore indicato nella relazione di prequalifica.

I laboratori, il numero dei campioni e le modalità di prova saranno quelli indicati dalla Direzione Lavori.

In conformità al § 11.2.3 del DM 17-01-2018 si ribadisce che la responsabilità della qualità finale del calcestruzzo, che sarà controllata dalla Direzione Lavori secondo le procedure di cui al punto 6.2.1, resta comunque in capo all'Impresa.

Caratteristiche dei materiali e composizione degli impasti, definite in sede di prequalifica, non potranno essere modificati in corso d'opera. Qualora eccezionalmente si prevedesse una variazione dei materiali, la procedura di prequalifica dovrà essere ripetuta.

#### **5.4.2 Calcestruzzo prodotto con processo industrializzato**

Tale situazione è contemplata dal DM 17-01-2018 al § 11.2.8, dove si definisce come calcestruzzo prodotto con processo industrializzato il conglomerato realizzato mediante impianti, strutture e tecniche organizzate sia all'interno del cantiere che in uno stabilimento esterno al cantiere stesso.

Di conseguenza in questa fattispecie rientrano, a loro volta, due tipologie di produzione del calcestruzzo:

- ✓ calcestruzzo prodotto in impianti industrializzati fissi esterni al cantiere (impianti di preconfezionamento o di fabbricazione);
- ✓ calcestruzzo prodotto in impianti industrializzati installati nei cantieri (temporanei).

In questi casi gli impianti devono essere idonei ad una produzione costante, disporre di apparecchiature adeguate per il confezionamento, nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e correggere la qualità del prodotto. Al fine di contribuire a garantire quest'ultimo punto, gli impianti devono essere dotati di un sistema di controllo permanente della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dal DM 17-01-2018 e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera. Tale sistema di controllo, chiamato "controllo della produzione in fabbrica", deve essere riferito a ciascun impianto ed è sostanzialmente differente dall'ordinario sistema di gestione della qualità aziendale al quale, tuttavia, può essere affiancato.

Il sistema di controllo dovrà essere certificato da un organismo terzo indipendente di adeguata competenza e organizzazione, autorizzato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, e che operi in coerenza con la UNI EN 45012. Quale riferimento per tale certificazione devono essere prese le Linee Guida sul

calcestruzzo preconfezionato edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici allo scopo di ottenere un calcestruzzo di adeguate caratteristiche reologiche, chimiche e meccaniche.

Il sistema di controllo di produzione in fabbrica dovrà comprendere le prove di autocontrollo, effettuate a cura del produttore secondo quanto previsto dalle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato. L'organismo di certificazione, nell'ambito dell'ispezione delle singole unità produttive, procederà a verificare anche i laboratori utilizzati per le prove di autocontrollo interno. In virtù di tale verifica e sorveglianza del controllo di produzione le prove di autocontrollo della produzione sono sostitutive di quelle effettuate presso i laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

L'Impresa dovrà soltanto consegnare alla Direzione Lavori, prima dell'inizio dei getti, copia dell'attestato di certificazione del sistema di controllo di produzione in fabbrica; qualora le forniture provengano da impianti di preconfezionamento esterni al cantiere ed estranei all'Impresa, quest'ultima sarà tenuta a richiedere copia dell'attestato di cui sopra al produttore di calcestruzzo. La Direzione Lavori verificherà quindi che i documenti accompagnatori di ciascuna fornitura in cantiere riportino gli estremi della certificazione del sistema di controllo della produzione.

Ove opportuno la Direzione dei Lavori potrà comunque richiedere la relazione preliminare di qualifica ed i relativi allegati (ad es. certificazione della marcatura CE dei materiali costituenti).

## **5.5 CONTROLLI IN CORSO D'OPERA**

La Direzione Lavori eseguirà controlli periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza delle caratteristiche dei materiali e degli impasti impiegati con quelle descritte al punto 6, definite nella tabella I e garantite in sede di qualifica.

Per consentire l'effettuazione delle prove in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'Impresa dovrà disporre di uno o più laboratori attrezzati per l'esecuzione delle prove previste, in cantiere e/o presso l'impianto di confezionamento, ad eccezione delle eventuali determinazioni chimiche e dei controlli di cui al punto 6.2.1 che dovranno essere eseguite presso laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

### CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO ALLO STATO FRESCO E INDURITO

#### **5.5.1 Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati**

Gli aggregati per il confezionamento del calcestruzzo, oltre a soddisfare le prescrizioni precedentemente riportate, dovranno appartenere a non meno di tre classi granulometriche diverse. La percentuale di impiego di ogni singola classe granulometrica verrà stabilita dal produttore con l'obiettivo di conseguire la massima densità dell'impasto, garantendo i requisiti di lavorabilità e di resistenza alla segregazione di cui ai punti seguenti. La curva granulometrica ottenuta dalla combinazione degli aggregati disponibili, inoltre, sarà quella capace di soddisfare le esigenze di posa in opera richieste

dall'impresa (ad esempio il pompaggio), quelle di resistenza meccanica a compressione e di durabilità richieste per il conglomerato.

La dimensione nominale massima dell'aggregato ( $D_{max}$ ) è funzione delle dimensioni dei copriferrì ed interferrì, delle caratteristiche geometriche delle casseforme, delle modalità di getto e del tipo di mezzi d'opera. Essa sarà definita dalle prescrizioni di progetto per ciascuna tipologia di calcestruzzo (cfr. tabella I).

### **5.5.2 Resistenza dei conglomerati cementizi**

Si farà riferimento alle norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 17-01-2018. In particolare, relativamente alla resistenza caratteristica convenzionale a compressione, il calcestruzzo verrà individuato mediante la simbologia C (X/Y) dove X è la resistenza caratteristica a compressione misurata su provini cilindrici ( $f_{ck}$ ) con rapporto altezza/diametro pari a 2 ed Y è la resistenza caratteristica a compressione valutata su provini cubici di lato 150 mm ( $R_{ck}$ ).

### **5.5.3 Controlli di accettazione**

La Direzione dei Lavori eseguirà i controlli di accettazione, secondo le modalità e la frequenza indicate ai §§ 11.2.2, 11.2.4 e 11.2.5 del DM 17-01-2018, su miscele omogenee di conglomerato come definite al §11.2.1 del citato Decreto.

I controlli saranno classificati come segue:

- ✓ tipo A;
- ✓ tipo B (impiegato soltanto quando siano previsti quantitativi di miscela omogenea uguali o superiori ai 1500 m<sup>3</sup>).

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<sup>3</sup> di conglomerato e possibilmente a metà del carico), conducendo tutte le operazioni in conformità con le prescrizioni indicate nel DM 17-01-2018 e nella norma UNI-EN 206-1. Il prelievo di calcestruzzo dovrà essere sempre eseguito alla presenza di un incaricato della Direzione dei Lavori.

In particolare, 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 e provati presso un laboratorio Ufficiale secondo la UNI EN 12390-3. 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 dalla Direzione Lavori 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:

1. Indicazioni 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.);

2. Identificazione del cantiere e dell'impresa appaltatrice;

3. Data e ora di confezionamento dei provini;

4. Firma della D.L.

Al termine del prelievo i provini verranno conservati in adeguate strutture predisposte dall'Impresa, 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 presso il Laboratorio incaricato di effettuare le prove di schiacciamento, ove si provvederà alla loro conservazione, una volta rimossi dalle casseforme, in acqua alla temperatura costante di  $20\pm 2$  °C oppure in ambiente termostato posto alla temperatura di  $20\pm 2$  °C ed 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'Impresa sarà responsabile delle operazioni di corretta conservazione dei provini campionati e della loro custodia in cantiere prima dell'invio al Laboratorio, nonché del trasporto e della consegna dei provini di calcestruzzo presso detto Laboratorio unitamente ad 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 § 11.2.5.3 del DM 17-01-2018.

#### **5.5.4 Prove complementari**

Qualora la Direzione dei Lavori, per esigenze legate alla logistica di cantiere, alla rapida messa in servizio di una struttura o di porzioni di essa o alla messa in tensione dei cavi di precompressione, dovesse prescrivere l'ottenimento di un determinato valore della resistenza caratteristica in tempi inferiori ai canonici 28 giorni o a temperature di maturazione diverse dai 20 °C, oltre al numero di provini previsti per ciascun controllo di accettazione (di cui al punto 5.5.3) sarà confezionata un'ulteriore coppia di provini con le medesime modalità, fatta eccezione per le regole di conservazione dei campioni. Essi, infatti, saranno maturati in adiacenza alla struttura o all'elemento strutturale per il quale è stato richiesto un valore della resistenza caratteristica a tempi e/o temperature inferiori ai valori suindicati.

Si specifica che tali prove complementari non potranno in alcun caso sostituire i “controlli di accettazione” definiti al punto 5.5.3.

#### **5.5.5 Controllo della resistenza del calcestruzzo in opera**

Nel caso in cui uno o più controlli di accettazione non dovessero risultare soddisfatti, oppure sorgano dubbi sulla qualità e rispondenza ai valori di resistenza prescritti del calcestruzzo già messo in opera, la Direzione Lavori procederà ad una valutazione delle caratteristiche di resistenza attraverso una serie di prove sia distruttive che non distruttive. Tali prove non devono, in ogni caso, intendersi sostitutive dei controlli di accettazione (§ 11.2.6 del DM 17-01-2018).

Il valor medio della resistenza del calcestruzzo in opera (definita come resistenza strutturale) è in genere inferiore al valor medio della resistenza dei prelievi in fase di getto maturati in laboratorio (definita come resistenza potenziale). È accettabile un valore medio della resistenza strutturale ( $R_{m,STIM}$ ), misurata con le tecniche distruttive e/o non distruttive ritenute più opportune da parte della D.L. e debitamente trasformata in resistenza cilindrica o cubica, non inferiore all'85% del valore medio definito in fase di progetto secondo il DM 17-01-2018.

Per la modalità di determinazione della resistenza strutturale si farà riferimento alle norme UNI EN 125041:2002, UNI EN 12504-2:2001, UNI EN 12504-3:2005, UNI EN 12504-4:2005 nonché alle Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP. Qualora dalle prove in opera non risultasse verificata la condizione succitata si procederà, a cura e spese dell'Impresa, ad un controllo teorico e/o sperimentale della struttura interessata dal quantitativo di conglomerato non conforme sulla base del valore caratteristico della resistenza strutturale rilevata sullo stesso ( $R_{k,STIM}$ ).

Tali controlli e verifiche formeranno oggetto di una relazione supplementare nella quale si dimostri che, ferme restando le ipotesi di vincoli e di carico delle strutture, la resistenza è ancora compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, secondo le prescrizioni delle vigenti norme di legge. Se tale relazione sarà approvata dalla Direzione Lavori il calcestruzzo verrà contabilizzato in base al valore della resistenza caratteristica rilevata in opera.

Viceversa, nel caso in cui la resistenza non risulti compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, la Direzione dei Lavori valuterà come procedere in base alle seguenti ipotesi:

- ✓ consolidamento dell'opera o delle parti interessate da non conformità, se ritenuto tecnicamente possibile dalla D.L. sentito il progettista, con i tempi e i metodi che questa potrà stabilire anche su proposta dell'Impresa. Resta inteso che la decisione finale sarà in capo alla D.L.;
- ✓ demolizione e rifacimento dell'opera o delle parti interessate da non conformità.

Tutti gli oneri relativi agli accertamenti di cui sopra, compresi gli eventuali consolidamenti, demolizioni e ricostruzioni, restano in capo all'Impresa.

Nessun indennizzo o compenso sarà dovuto all'Impresa nel caso in cui il valore caratteristico della resistenza strutturale dovesse risultare maggiore di quella indicata nei calcoli statici, nei disegni di progetto e in tabella I della presente Sezione.

Si specifica, inoltre, che la conformità nei riguardi della resistenza non implica necessariamente la conformità nei riguardi della durabilità o di altre caratteristiche specifiche del calcestruzzo messo in opera; pertanto, qualora non fossero rispettate le richieste di durabilità, la Direzione Lavori potrà ordinare all'Impresa di mettere in atto tutti gli accorgimenti (ad es. ricoprimento delle superfici con guaine, protezione con vernici o agenti chimici nebulizzati, ecc.) che saranno ritenuti opportuni e sufficienti alla garanzia della vita nominale dell'opera prevista dal progetto.

Tutti gli oneri derivanti dagli interventi anzidetti saranno a carico dell'Impresa.

### **5.5.6 Pianificazione delle prove in opera**

Le aree di prova, da cui devono essere estratti i campioni o sulle quali saranno eseguite le prove non distruttive, devono essere scelte in modo da permettere la valutazione della resistenza meccanica della struttura o di una sua parte interessata all'indagine. Le aree ed i punti di prova debbono essere preventivamente identificati e selezionati in relazione agli obiettivi: pertanto si farà riferimento al giornale dei lavori ed eventualmente al registro di contabilità per identificare correttamente le strutture o porzioni di esse interessate dalle non conformità

La dimensione e la localizzazione dei punti di prova dipendono dal metodo prescelto, mentre il numero di prove da effettuare dipende dall'affidabilità desiderata nei risultati. La definizione e la divisione in regioni di prova, di una struttura, presuppongono che i prelievi o i risultati di una regione appartengano statisticamente e qualitativamente ad una medesima popolazione di calcestruzzo. Nel caso in cui si voglia valutare la capacità portante di una struttura le regioni di prova devono essere concentrate nelle zone più sollecitate, mentre nel caso in cui si voglia valutare il tipo o l'entità di un danno, le regioni di prova devono essere concentrate nelle zone dove si è verificato il danno o si suppone sia avvenuto.

#### **5.5.6.1 Predisposizione delle aree di prova**

Le aree e le superfici di prova vanno predisposte in relazione al tipo di prova che s'intende eseguire, facendo riferimento al fine cui le prove sono destinate, alle norme specifiche contestualmente alle indicazioni del produttore dello strumento di prova. In linea di massima e salvo quanto sopra indicato, le aree di prova devono essere prive sia di evidenti difetti (vespai, vuoti, occlusioni, ...) che possano inficiare il risultato e la significatività delle prove stesse, sia di materiali estranei al calcestruzzo (intonaci, collanti, impregnanti, ...), sia di polvere ed impurità in genere. L'eventuale presenza di materiale estraneo e/o di anomalie sulla superficie non rimosibili deve essere registrata sul verbale di prelievo e/o di prova.

In relazione alla finalità dell'indagine, i punti di prelievo o di prova devono essere localizzati in modo puntuale, qualora si voglia valutare le proprietà di un elemento oggetto d'indagine, o casuale, per valutare una partita di calcestruzzo indipendentemente dalla posizione.

### **5.5.7 Lavorabilità**

Il produttore del calcestruzzo dovrà adottare tutti gli accorgimenti in termini di ingredienti e di composizione dell'impasto per garantire che il calcestruzzo possieda, al momento della consegna in cantiere, la lavorabilità prescritta in progetto e riportata per ogni specifica tipologia di conglomerato nella tabella I.

Salvo diverse specifiche e/o accordi con la Direzione dei Lavori la lavorabilità al momento del getto verrà controllata all'atto del prelievo dei campioni per i controlli d'accettazione della resistenza caratteristica convenzionale a compressione secondo le indicazioni riportate al punto 5.6.6. La misura della lavorabilità verrà condotta in accordo alla UNI-EN 206-1 dopo aver proceduto a scaricare dalla betoniera almeno 0,3 m<sup>3</sup> di calcestruzzo, e sarà effettuata mediante differenti metodologie.

In particolare, la lavorabilità del calcestruzzo dovrà essere definita mediante:

- ✓ Il valore dell'abbassamento al cono di Abrams (UNI-EN 12350-2) che definisce la classe di consistenza o uno slump numerico di riferimento oggetto di specifica, per abbassamenti fino a 230 mm;
- ✓ La misura del diametro di spandimento alla tavola a scosse (UNI-EN 12350-5), per abbassamenti superiori a 230 mm.

Se il conglomerato cementizio viene pompato il valore della lavorabilità dovrà essere misurato prima dell'immissione nella pompa, fermo restando quanto specificato al punto 5.6.2.

Sarà cura del fornitore 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. La classe di consistenza prescritta verrà garantita per un intervallo di tempo di 30 minuti dall'arrivo della betoniera in cantiere. Trascorso questo tempo sarà l'Impresa unica responsabile della eventuale minore lavorabilità rispetto a quella prescritta. Il calcestruzzo con lavorabilità inferiore potrà essere a discrezione della Direzione Lavori:

- ✓ respinto (l'onere della nuova fornitura in tal caso resta in capo all'Impresa);
- ✓ accettato se esistono le condizioni, in relazione alla difficoltà di esecuzione del getto, per poter conseguire un completo riempimento dei casseri ed una completa compattazione; tutti gli oneri derivanti dalla maggior richiesta di compattazione restano a carico dell'Impresa.

Il tempo massimo consentito dalla produzione dell'impasto in impianto al momento del getto non dovrà superare i 90 minuti e sarà onere del produttore riportare nel documento di trasporto l'orario effettivo di fine carico della betoniera in impianto. 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 possenga i requisiti di lavorabilità e resistenza iniziale prescritti.

### 5.5.8 Rapporto acqua/cemento

Il quantitativo di acqua efficace da prendere in considerazione nel calcolo del rapporto a/c equivalente è quello realmente a disposizione dell'impasto, dato dalla somma di:

- ( $a_{agg}$ ): quantitativo di acqua ceduto o sottratto dall'aggregato se caratterizzato rispettivamente da un tenore di umidità maggiore o minore dell'assorbimento (cioè del tenore di umidità che individua la condizione di saturo a superficie asciutta);
- ( $a_{add}$ ): aliquota di acqua introdotta tramite gli additivi liquidi (se utilizzati in misura superiore a 3 l/m<sup>3</sup>) o le aggiunte minerali in forma di slurry;
- ( $a_m$ ): aliquota di acqua introdotta nel mescolatore/autobetoniera;

ottenendo la formula:

$$a_{eff} = a_m + a_{agg} + a_{add}$$

Il rapporto acqua/cemento sarà quindi da considerarsi come un rapporto acqua/cemento equivalente individuato dall'espressione più generale:

$$\left(\frac{a}{c}\right)_{eq} = \frac{a_{eff}}{(c + K_{cv} * cv + K_{fs} * fs)}$$

nella quale vengono considerate le eventuali aggiunte di ceneri volanti o fumi di silice all'impasto nell'impianto di betonaggio.

I termini utilizzati nell'espressione precedente sono:

- c: dosaggio di cemento per m<sup>3</sup> di impasto;
- cv: dosaggio di cenere volante per m<sup>3</sup> di impasto;
- fs: dosaggio di fumo di silice per m<sup>3</sup> di impasto;
- $K_{cv}$  ;  $K_{fs}$ : coefficienti di equivalenza rispettivamente della cenere volante e del fumo di silice desunti dalle norme UNI-EN 206-1 ed UNI 11104 (cfr. punti 3.2.1 e 3.2.2).

### 5.5.9 Contenuto di aria

Qualora sia prevista una classe di esposizione ambientale di tipo XF (strutture soggette a cicli di gelo/disgelo in presenza o meno di sali disgelanti) e quindi sarà impiegato un additivo aerante, contestualmente alla misura della lavorabilità del conglomerato dovrà essere determinato il contenuto di aria nel calcestruzzo in accordo alla procedura descritta alla norma UNI EN 12350-7 basata sull'impiego del porosimetro.

Il contenuto di aria in ogni miscela prodotta (espresso in percentuale) dovrà essere conforme a quanto prescritto nella tabella I, tenendo conto delle tolleranze ammesse ivi riportate.

#### **5.5.10 Acqua di bleeding**

L'essudazione di acqua dovrà risultare non superiore allo 0,1% in conformità alla norma UNI 7122.

#### **5.5.11 Prescrizioni per la durabilità dei conglomerati cementizi**

Secondo il **DM 17-01-2018** la durabilità delle opere in calcestruzzo è la capacità di mantenere entro limiti accettabili per le esigenze di esercizio i valori delle caratteristiche fisico-meccaniche e funzionali in presenza di cause di degradazione, per tutta la vita nominale prevista in progetto.

Le cause di degradazione più frequenti sono i fenomeni di corrosione delle armature, i cicli di gelo-disgelo, l'attacco di acque aggressive di varia natura e la presenza di solfati.

Secondo quanto previsto nel § 11.2.11 del **DM 17-01-2018**, il progettista, valutate opportunamente le condizioni ambientali di impiego dei calcestruzzi, deve fissare le prescrizioni in termini di caratteristiche del calcestruzzo da impiegare, di valori del copriferro e di regole di maturazione dei getti. Al fine di soddisfare le richieste di durabilità in funzione delle condizioni ambientali occorrerà fare riferimento alle norme UNI EN 206-1 ed UNI 11104.

In particolare, ai fini di preservare le armature metalliche da qualsiasi fenomeno di aggressione ambientale, lo spessore di copriferro da prevedere in progetto, cioè la misura tra la parete interna del cassero e la parte più esterna della circonferenza della barra più vicina, dovrà rispettare allo stesso tempo le indicazioni della UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) al § 4.4.1, garantire l'aderenza e la trasmissione degli sforzi tra acciaio e calcestruzzo e, se del caso, assicurare la resistenza al fuoco della struttura o dei singoli elementi interessati.

Tale prescrizione dovrà essere applicata anche a tutti gli elementi prefabbricati e/o precompressi.

#### **5.6 TECNOLOGIA ESECUTIVA DELLE OPERE**

Per quanto non esplicitamente indicato nella presente sezione e in progetto, in ottemperanza al § 4.1.7 del **DM 17-01-2018**, si farà riferimento alla norma UNI EN 13670-1 "Esecuzione di strutture in calcestruzzo: requisiti comuni" ed alle "Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo" pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (febbraio 2008).

### **5.6.1 Confezione dei conglomerati cementizi**

La confezione dei conglomerati cementizi non prodotti con processo industrializzato dovrà essere eseguita con gli impianti preventivamente sottoposti all'esame della Direzione Lavori, conformi alle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP., nonché alle caratteristiche seguenti per quanto applicabili. Qualora il calcestruzzo sia prodotto con processo industrializzato non occorrerà alcun esame preventivo da parte della Direzione Lavori, la quale si limiterà ad acquisire la documentazione indicata al punto 5.6.2.

### **5.6.2 Trasporto**

Il trasporto dei conglomerati cementizi dall'impianto di betonaggio al luogo di impiego dovrà essere effettuato con mezzi idonei al fine di evitare la possibilità di segregazione dei singoli componenti e comunque tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del calcestruzzo medesimo. Per quanto non specificato nel seguito, si farà riferimento alle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP.

Saranno accettate in funzione della durata e della distanza di trasporto, le autobetoniere e le benne a scarico di fondo e, eccezionalmente, i nastri trasportatori.

Ciascuna fornitura di calcestruzzo dovrà essere accompagnata da un documento di trasporto (bolla) conforme alle specifiche del § 7.3 della UNI EN 206-1 sul quale dovranno essere riportati almeno:

- data e ora di produzione;
- data e ora di arrivo in cantiere, di inizio scarico e di fine scarico;
- classe o classi di esposizione ambientale;
- classe di resistenza caratteristica del conglomerato;
- tipo, classe e dosaggio di cemento;
- dimensione massima nominale dell'aggregato;
- classe di consistenza o valore numerico di riferimento;
- classe di contenuto in cloruri;
- quantità di conglomerato trasportata;
- la struttura o l'elemento strutturale cui il carico è destinato.

L'Impresa dovrà esibire detta documentazione alla Direzione dei Lavori.

L'uso delle pompe sarà consentito a condizione che l'Impresa adotti, a sua cura e spese, provvedimenti idonei a mantenere il valore prestabilito del rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio alla bocca di uscita della pompa. Non saranno ammessi gli autocarri a cassone o gli scivoli.

È facoltà della Direzione Lavori rifiutare carichi di conglomerato cementizio non rispondenti ai requisiti prescritti.

### 5.6.3 Posa in opera

Le operazioni di getto potranno essere avviate solo dopo la verifica degli scavi, delle casseforme e delle armature metalliche da parte della Direzione Lavori.

Al momento della messa in opera del conglomerato è obbligatoria la presenza di almeno un membro dell'ufficio della Direzione dei Lavori incaricato a norma di legge e di un responsabile tecnico dell'Impresa.

Prima di procedere alla messa in opera del calcestruzzo, sarà necessario adottare tutti quegli accorgimenti atti ad evitare qualsiasi sottrazione di acqua dall'impasto. I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto ed alle prescrizioni della Direzione Lavori; nel caso di getti contro terra, roccia, ecc., occorre controllare che la pulizia del sottofondo, il posizionamento di eventuali drenaggi, la stesura di materiale isolante o di collegamento siano eseguiti in conformità alle disposizioni di progetto e delle presenti Norme.

Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme si effettua applicando tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione. L'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, indipendentemente dal sistema di movimentazione e getto, non deve eccedere i 50 centimetri; si utilizzerà un tubo di getto che si accosti al punto di posa o, meglio ancora, che si inserisca nello strato fresco già posato e consenta al calcestruzzo di rifluire all'interno di quello già steso.

Per la compattazione del getto verranno adoperati vibratori a parete o ad immersione. Nel caso si adoperi il sistema di vibrazione ad immersione, l'ago vibrante deve essere introdotto verticalmente e spostato, da punto a punto nel calcestruzzo, ogni 50 cm circa; la durata della vibrazione verrà protratta nel tempo in funzione della classe di consistenza del calcestruzzo (tabella III).

**Tabella III** – *Relazione tra classe di consistenza e tempo di vibrazione del conglomerato*

Classe di consistenza	Tempo minimo di immersione dell'ago nel calcestruzzo (s)
S1	25 - 30
S2	20 - 25
S3	15 - 20
S4	10 - 15
S5	5 - 10
F6	0 - 5
SCC	<i>Non necessita compattazione (salvo indicazioni specifiche della D.L.)</i>

Il conglomerato cementizio sarà posto in opera e assestato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee e perfettamente regolari ed esenti anche da macchie o chiazze.

I distanziatori utilizzati per garantire i copriferri ed eventualmente le reciproche distanze tra le barre di armatura, dovranno essere in plastica o a base di malta cementizia di forma e geometria tali da minimizzare la superficie di contatto con il cassero.

Dal giornale lavori del cantiere dovrà risultare la data di inizio e di fine dei getti e del disarmo. Se il getto dovesse essere effettuato durante la stagione invernale, l'Impresa dovrà tenere registrati giornalmente i minimi di temperatura desunti da un apposito termometro esposto nello stesso cantiere di lavoro.

Per la finitura superficiale di solette e pavimentazioni è prescritto l'uso di piastre vibranti o attrezzature equivalenti; la regolarità dei getti dovrà essere verificata con un'asta rettilinea della lunghezza di 2,00 m, che in ogni punto dovrà aderirvi uniformemente nelle due direzioni longitudinale e trasversale; saranno tollerati unicamente scostamenti inferiori a 10 mm.

Quando il getto deve essere gettato in presenza d'acqua si dovranno adottare tutti gli accorgimenti, approvati dalla Direzione Lavori, necessari ad impedire che l'acqua ne dilavi le superfici e ne pregiudichi la normale maturazione.

#### **5.6.4 Posa in opera in climi freddi**

Le operazioni di getto del conglomerato cementizio dovranno essere sospese nel caso in cui la temperatura dell'aria scenda al di sotto di 278 K (5 °C) se l'impianto di betonaggio non è dotato di un adeguato sistema di preriscaldamento degli inerti o dell'acqua tale da garantire che la temperatura dell'impasto, al momento del getto, sia superiore a 287 K (14 °C). In alternativa è possibile utilizzare, sotto la responsabilità dell'Impresa, additivi acceleranti di presa conformi alla UNI EN 934-2 e, se autorizzati dalla D.L., opportuni additivi antigelo. Oltre alle succitate precauzioni occorrerà mettere in atto particolari sistemi di protezione del manufatto concordati e autorizzati dalla D.L. per evitare una dispersione termica troppo rapida.

I getti all'esterno dovranno comunque essere sospesi qualora la temperatura scenda al di sotto di 263 K (-10 °C).

In ogni caso, prima di dare inizio ai getti, è fatto obbligo di verificare che non siano congelate o innestate le superfici di fondo o di contenimento del getto. Al fine di poter mettere in atto correttamente e verificare le prescrizioni riguardanti le temperature di getto, occorre che in cantiere sia esposto un termometro in grado di indicare le temperature minime e massime giornaliere.

##### **5.6.4.1 Posa in opera in climi caldi**

Se durante le operazioni di getto la temperatura dell'aria supera i 306 K (33 °C), la temperatura dell'impasto dovrà essere mantenuta entro i 298 K (25 °C); per i getti massivi (di cui al punto 8.6.7) tale limite dovrà essere convenientemente diminuito.

Al fine di abbassare la temperatura del calcestruzzo potrà essere usato ghiaccio in sostituzione di parte dell'acqua di impasto, avendo cura di computarne l'esatta quantità nel calcolo del rapporto a/c (di cui al punto 8.5.8) affinché il valore prescritto non subisca alcuna variazione.

Per ritardare la presa e per facilitare la posa e la finitura del conglomerato cementizio potranno essere eventualmente impiegati additivi ritardanti di presa conformi al punto 5.3.5 e preventivamente autorizzati dalla Direzione Lavori.

Anche in questo caso il manufatto dovrà essere adeguatamente protetto per evitare eccessive variazioni termiche tra l'interno e la parte corticale dei getti.

#### **5.6.4.2 Riprese di getto**

La Direzione Lavori avrà la facoltà di prescrivere, ove e quando lo ritenga necessario, che i getti vengano eseguiti senza soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa, anche se ciò comportasse il protrarsi del lavoro in giornate festive e la conduzione a turni. In nessun caso l'Impresa potrà avanzare richieste di maggiori compensi.

Qualora debbano essere previste riprese di getto sarà obbligo dell'Impresa procedere ad una preliminare rimozione, mediante scarifica con martello, dello strato corticale di calcestruzzo già parzialmente indurito. Tale superficie, che dovrà possedere elevata rugosità (asperità di circa 5 mm) verrà opportunamente pulita e bagnata per circa due ore prima del getto del nuovo strato di calcestruzzo.

Qualora alla struttura sia richiesta la tenuta idraulica, lungo la superficie scarificata verranno disposti dei giunti tipo "water-stop" in materiale bentonitico idroespansivo. I profili "water-stop" saranno opportunamente fissati e disposti secondo le indicazioni progettuali e della Direzione Lavori, in maniera tale da non interagire con le armature.

Tra le diverse riprese di getto non dovranno presentarsi distacchi, discontinuità o differenze di aspetto e colore.

#### **5.6.5 Casseforme**

Per tali opere provvisorie l'Impresa comunicherà preventivamente alla Direzione Lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando l'esclusiva responsabilità dell'Impresa stessa per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione di tali opere provvisorie e la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle. Il sistema prescelto dovrà comunque essere atto a consentire la realizzazione delle opere in conformità alle disposizioni contenute nel progetto definitivo.

Nella progettazione e nella esecuzione delle armature di sostegno delle centinature e delle attrezzature di costruzione, l'appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata ed 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, ecc;
- ✓ per le interferenze con servizi di soprassuolo o di sottosuolo.

Tutte le attrezzature dovranno essere dotate degli opportuni accorgimenti affinché, in ogni punto della struttura, la rimozione dei sostegni sia regolare ed uniforme.

#### **5.6.5.1 Caratteristiche delle casseforme**

Per quanto riguarda le casseforme è prescritto l'uso di casseforme metalliche o di materiali fibrocompresi o compensati; in ogni caso esse dovranno avere dimensioni e spessori sufficienti ad essere opportunamente irrigidite o controventate per assicurare l'ottima riuscita delle superfici dei getti e delle opere e la loro perfetta rispondenza ai disegni di progetto.

Nel caso di eventuale utilizzo di casseforme in legno l'Impresa dovrà 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. In ogni caso l'Impresa avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti disarmanti conformi alla norma UNI 8866; qualora sia previsto l'utilizzo di calcestruzzi colorati o con cemento bianco, l'impiego dei disarmanti dovrà essere subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto non alteri il colore.

Le parti componenti i casseri debbono essere a perfetto contatto e sigillate con idoneo materiale per evitare la fuoriuscita di boiaccia cementizia.

Nel caso di cassetta a perdere, inglobata nell'opera occorre verificare la sua funzionalità, se è elemento portante, e che non sia dannosa, se è elemento accessorio.

#### **5.6.5.2 Pulizia e trattamento**

Prima del getto le casseforme dovranno essere pulite per l'eliminazione di qualsiasi traccia di materiale che possa compromettere l'estetica del manufatto quali polvere, terriccio etc. Dove e quando necessario si farà uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui, su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato il medesimo prodotto. Nel caso di utilizzo di casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata e la vibrazione dovrà avvenire contemporaneamente al getto.

#### ***Predisposizione di fori, tracce e cavità***

L'appaltatore avrà l'obbligo di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni costruttivi per ciò che concerne fori, tracce, cavità, incassature, etc. per la posa in opera di apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle d'ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere interruttive, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti d'impianti, etc..

## **5.6.6 Stagionatura e disarmo**

### **5.6.6.1 Prevenzione delle fessure da ritiro plastico**

Il calcestruzzo, al termine della messa in opera e successiva compattazione, deve essere stagionato e protetto dalla rapida evaporazione dell'acqua di impasto e dall'essiccamento degli strati superficiali (fenomeno particolarmente insidioso in caso di elevate temperature ambientali e forte ventilazione).

Per consentire una corretta stagionatura è necessario mantenere costantemente umida la struttura realizzata; l'Impresa è responsabile della corretta esecuzione della stagionatura che potrà essere condotta mediante:

- la permanenza entro casseri del conglomerato;
- l'applicazione, sulle superfici libere, di specifici film di protezione mediante la distribuzione nebulizzata di additivi stagionanti (agenti di curing, conformi alla norma UNI 8656 parti 1 e 2);
- l'irrorazione continua del getto con acqua nebulizzata;
- la copertura delle superfici del getto con fogli di polietilene, sacchi di iuta o tessuto non tessuto mantenuto umido in modo che si eviti la perdita dell'acqua di idratazione;
- la creazione attorno al getto, con fogli di polietilene od altro, di un ambiente mantenuto saturo di umidità;
- la creazione, nel caso di solette e getti a sviluppo orizzontale, di un cordolo perimetrale (in sabbia od altro materiale rimovibile) che permetta di mantenere la superficie completamente ricoperta da un costante velo d'acqua.

La costanza della composizione degli agenti di curing dovrà essere verificata, a cura della Direzione Lavori ed a spese dell'Impresa, al momento del loro approvvigionamento. I prodotti filmogeni di protezione non possono essere applicati lungo i giunti di costruzione, sulle riprese di getto o sulle superfici che devono essere trattate e/o ricoperte con altri materiali.

Al fine di assicurare alla struttura un corretto sistema di stagionatura in funzione delle condizioni ambientali, della geometria dell'elemento e dei tempi di scasseratura previsti l'Impresa, previa informazione alla Direzione dei Lavori, eseguirà verifiche di cantiere che assicurino l'efficacia delle misure di protezione adottate.

Sarà obbligatorio procedere alla maturazione dei getti per almeno 3 giorni consecutivi. Qualora dovessero insorgere esigenze particolari per sospendere la maturazione esse dovranno essere espressamente autorizzate dalla Direzione dei Lavori.

Nel caso di superfici orizzontali non casserate (pavimentazioni, platee di fondazione...) dovrà essere effettuata l'operazione di bagnatura continua con acqua non appena il conglomerato avrà avviato la fase di presa. Le superfici verranno mantenute costantemente umide per almeno 3 giorni. Per i getti confinati entro casseforme l'operazione di bagnatura verrà avviata al momento della rimozione dei casseri, se questa avverrà prima di 3 giorni.

Per calcestruzzi con classe di resistenza a compressione maggiore o uguale di C40/50 la maturazione deve essere curata in modo particolare.

Qualora sulle superfici orizzontali quali solette di ogni genere o pavimentazioni si rilevino fenomeni di ritiro plastico con formazione di fessure di apertura superiore a 0,3 mm,



l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese alla demolizione ed al rifacimento delle strutture danneggiate.

Di norma viene esclusa la accelerazione dei tempi di maturazione con trattamenti termici per i conglomerati gettati in opera. In casi particolari la DL potrà autorizzare l'uso di tali procedimenti dopo l'esame e verifica diretta delle modalità proposte, che dovranno rispettare comunque quanto previsto ai seguenti paragrafi.

Resta inteso che durante il periodo della stagionatura i getti dovranno essere riparati da possibilità di urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

#### **5.6.6.2 Maturazione accelerata con trattamenti termici**

La maturazione accelerata dei conglomerati cementizi con trattamento termico sarà permessa qualora siano state condotte indagini sperimentali sul trattamento termico che si intende adottare. In particolare, si dovrà controllare che ad un aumento delle resistenze iniziali non corrisponda una resistenza finale minore di quella che si otterrebbe con maturazione naturale.

Dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- ✓ la temperatura del conglomerato cementizio, durante le prime 3 h dall'impasto non deve superare i 303 K (30 °C);
- ✓ il gradiente di temperatura di riscaldamento e quello di raffreddamento non deve superare 15 K/h (°C/h), e dovranno essere ulteriormente ridotti qualora non sia verificata la condizione di cui al successivo quarto punto;
- ✓ la temperatura massima del calcestruzzo non deve in media superare i 333 K (60 °C);
- ✓ la differenza di temperatura tra quella massima all'interno del conglomerato cementizio e ambiente a contatto con il manufatto non dovrà superare i 283 K (10 °C);
- ✓ Il controllo, durante la maturazione, dei limiti e dei gradienti di temperatura, dovrà avvenire con apposita apparecchiatura che registri l'andamento delle temperature nel tempo sia all'interno che sulla superficie esterna dei manufatti;
- ✓ la procedura di controllo di cui al punto precedente, dovrà essere rispettata anche per i conglomerati cementizi gettati in opera e maturati a vapore.

In ogni caso i provini per la valutazione della resistenza caratteristica a 28 giorni, nonché della resistenza raggiunta al momento del taglio dei trefoli o fili aderenti, dovranno essere confezionati secondo quanto indicato al punto 5.5.3 e maturati nelle stesse condizioni termo-igrometriche della struttura.

### **5.6.6.3 Disarmo**

Si potrà procedere alla rimozione delle casseforme dai getti quando saranno state raggiunte le prescritte resistenze. In assenza di specifici accertamenti, l'Impresa dovrà attenersi a quanto stabilito all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni (**DM 17-01-2018**).

Eventuali irregolarità o sbavature, qualora ritenute tollerabili dalla Direzione Lavori a suo insindacabile giudizio, dovranno essere asportate mediante scarifica meccanica o manuale ed i punti incidentalmente difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta cementizia a ritiro compensato immediatamente dopo il disarmo. Resta inteso che gli oneri derivanti dalle suddette operazioni ricadranno totalmente a carico dell'Impresa. Quando le irregolarità siano mediamente superiori a 10 mm, la Direzione Lavori ne imporrà la regolarizzazione a totale cura e spese dell'Impresa mediante uno strato di materiali idonei che, a seconda dei casi e ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori potrà essere costituito da:

- ✓ malta reoplastica a ritiro compensato previa bagnatura a rifiuto delle superfici interessate;
- ✓ conglomerato bituminoso del tipo usura fine, per spessori non inferiori a 20 mm.

Eventuali ferri (fili, chiodi, reggette) che con funzione di legatura, di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere da getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 5 mm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento.

### **5.6.7 Giunti di discontinuità ed opere accessorie nelle strutture in conglomerato cementizio**

È tassativamente prescritto che nelle strutture da eseguire con getto di conglomerato cementizio vengano realizzati giunti di discontinuità sia in elevazione che in fondazione onde evitare irregolari e imprevedibili fessurazioni delle strutture stesse per effetto di escursioni termiche, di fenomeni di ritiro e di eventuali assestamenti.

Tali giunti vanno praticati ad intervalli ed in posizioni opportunamente scelte tenendo anche conto delle particolarità della struttura (gradonatura della fondazione, ripresa fra vecchie e nuove strutture, attacco dei muri andatori con le spalle dei ponti e viadotti, ecc).

I giunti dovranno essere conformi alle indicazioni di progetto e saranno ottenuti ponendo in opera, con un certo anticipo rispetto al getto, appositi setti di materiale idoneo, da lasciare in posto, in modo da realizzare superfici di discontinuità (piane, a battente, a maschio e femmina, ecc.) affioranti faccia a vista secondo linee rette continue o spezzate.

I giunti, come sopra illustrati, dovranno essere realizzati a cura e spese dell'Impresa, essendosi tenuto debito conto di tale onere nella formulazione dei prezzi di elenco relativi alle singole tipologie di conglomerato.

Solo nel caso in cui è previsto in progetto che il giunto sia munito di apposito manufatto di tenuta o di copertura l'elenco prezzi allegato a questo Capitolato prevederà espressamente le voci relative alla speciale conformazione del giunto, unitamente alla fornitura e posa in opera dei manufatti predetti con le specificazioni di tutti i particolari oneri che saranno prescritti per il perfetto definitivo assetto del giunto.

I manufatti di tenuta o di copertura dei giunti possono essere costituiti da elastomeri a struttura etilenica (stirolo butiadene), a struttura paraffinica (bitile), a struttura complessa (silicone poliuretano, polioossipropilene, polioossicloropropilene o da elastomeri etilenici cosiddetti protetti (neoprene).

In luogo dei manufatti predetti, potrà essere previsto l'impiego di sigillanti.

I sigillanti possono essere costituiti da sostanze oleo-resinose, bituminose-siliconiche a base di elastomeri polimerizzabili o polisolfuri che dovranno assicurare la tenuta all'acqua, l'elasticità sotto le deformazioni previste, una aderenza perfetta alle pareti, ottenuta anche a mezzo di idonei primers, non colabili sotto le più alte temperature previste e non rigidi sotto le più basse, mantenendo il più a lungo possibile nel tempo le caratteristiche di cui sopra dopo la messa in opera.

È tassativamente proibita l'esecuzione di giunti obliqui formanti angolo diedro acuto (muro andatore, spalla ponte obliquo, ecc.).

In tali casi occorre sempre modificare l'angolo diedro acuto in modo tale da formare con le superfici esterne delle opere da giuntare angoli diedri non inferiori ad un angolo retto con facce piane di conveniente larghezza in relazione al diametro massimo degli inerti impiegati nel confezionamento del conglomerato cementizio di ogni singola opera.

Nell'esecuzione dei manufatti contro terra il progetto dovrà tenere conto, in numero sufficiente ed in posizione opportuna, dell'esecuzione di appositi fori per l'evacuazione delle acque di infiltrazione. Le indicazioni progettuali saranno il riferimento per l'Impresa, salvo indicazioni differenti da parte della Direzione dei Lavori.

I fori dovranno essere ottenuti mediante preventiva posa in opera nella massa del conglomerato cementizio di tubi a sezione circolare o di profilati di altre sezioni di PVC o simili.

Per la formazione dei fori l'Impresa avrà diritto al compenso previsto nella apposita voce dell'Elenco Prezzi, comprensiva di tutti gli oneri e forniture per dare il lavoro finito a regola d'arte.

#### **5.6.8 Ulteriori prescrizioni per getti massivi**

Per opera "massiva" si intende qualunque volume di calcestruzzo con dimensioni tali da richiedere misure preventive per far fronte alla cospicua generazione di calore dovuta all'idratazione del cemento e alle conseguenti fessurazioni dovute cambiamento di volume, sia in fase di riscaldamento che di raffreddamento del getto. Le seguenti indicazioni si intendono applicabili sia per le strutture di fondazione che per quelle in elevazione.

Quando lo spessore della struttura di fondazione (platea, plinto o trave di fondazione) è superiore a 150 cm, il getto deve essere considerato massivo. Le strutture o parti di struttura in elevazione (pilastri, pile, muri o setti verticali) con spessore o diametro

superiore a 80 cm ed altezza di 400 cm saranno considerate opere massive e pertanto anche in questo caso andranno applicate le seguenti prescrizioni aggiuntive.

Innanzitutto, il contenuto minimo di cemento (espresso come somma del dosaggio di cemento e di eventuali aggiunte di tipo II -cfr. punto 6.4) dovrà essere adeguatamente stabilito in modo tale che durante il raffreddamento del conglomerato, dopo la rimozione dei casseri, sulla sezione del calcestruzzo non vi sia una differenza di temperatura superiore a 35 °C. A tale proposito il dosaggio di cemento potrà essere utilmente determinato con la relazione:

$$\delta T_{3,\max} = \frac{c \times q_3}{m \times \rho}$$

nella quale:

$\delta T_{3,\max} = 35 \text{ °C}$ ;

$c$  = dosaggio di cemento e di eventuali aggiunte di tipo II (kg/m<sup>3</sup>);

$q_3$  = calore di idratazione unitario del cemento (kJ/kg) a 3 gg. di maturazione (dato fornito dal produttore di cemento);

$m$  = peso specifico del calcestruzzo (kg/m<sup>3</sup>);

$\rho$  = calore specifico del calcestruzzo (mediamente pari a 1 kJ/kg °C)

I cementi con i valori di  $q_3$  minori sono classificati nella UNI EN 197-1:2007 e sono contraddistinti dalla sigla "LH" (Low Heat).

In ogni caso il getto dovrà rimanere cassetato per almeno 4 giorni consecutivi, entro casseri ricoperti dall'esterno con materassini termoisolanti che riducano il gradiente termico tra nucleo e periferia del getto. Quando le superfici non cassetate avranno iniziato la fase di indurimento occorrerà procedere alla stesa dei materassini anche in queste zone.

Sarà obbligatorio procedere alla maturazione dei getti (con le modalità di cui al punto 8.5.1) per ulteriori 3 giorni consecutivi alla rimozione dei casseri; qualora dovessero insorgere esigenze particolari per sospendere la maturazione esse dovranno essere espressamente autorizzate dalla D.L.

Qualora per particolari esigenze costruttive si debba procedere con una rapida rimozione delle casseforme (immediatamente dopo le 24 h dal getto, ma comunque sempre su esplicita autorizzazione della Direzione Lavori) la superficie dei getti dovrà essere prontamente ricoperta con fogli di polietilene e tale rimarrà per 7 giorni consecutivi.

#### **5.6.9 Posa in opera delle armature per c.a.**

Nella posa in opera delle armature metalliche entro i casseri è prescritto l'impiego di opportuni distanziatori prefabbricati in conglomerato cementizio o in materiale plastico al fine di garantire gli spessori di copriferro previsti in progetto; lungo le pareti verticali si dovrà ottenere il necessario distanziamento esclusivamente mediante l'impiego di distanziatori ad anello; sul fondo dei casseri dovranno essere impiegati distanziatori del tipo approvato dalla Direzione Lavori.

L'uso dei distanziatori dovrà essere esteso anche alle strutture di fondazione armate.

Le gabbie di armatura dovranno essere, per quanto possibile, composte fuori opera; in ogni caso in corrispondenza di tutti i nodi saranno eseguite legature doppie incrociate in filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0,6 mm, in modo da garantire la invariabilità della geometria della gabbia durante il getto.

L'Impresa dovrà adottare inoltre tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante le operazioni di getto.

È a carico dell'Impresa l'onere della posa in opera delle armature metalliche, anche in presenza di acqua o fanghi bentonitici, nonché i collegamenti equipotenziali.

#### **5.6.10 Armatura di precompressione**

L'Impresa dovrà attenersi rigorosamente alle prescrizioni contenute nei calcoli statici e nei disegni esecutivi per tutte le disposizioni costruttive, ed in particolare per quanto riguarda:

- ✓ il tipo, il tracciato, la sezione dei singoli cavi;
- ✓ le fasi di applicazione della precompressione;
- ✓ la messa in tensione da uno o da entrambi gli estremi;
- ✓ le eventuali operazioni di ritaratura delle tensioni;
- ✓ i dispositivi speciali come ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa, ecc.

Oltre a quanto prescritto dalle vigenti norme di legge si precisa che, nella posa in opera delle armature di precompressione, l'Impresa dovrà assicurarne l'esatto posizionamento mediante l'impiego di appositi supporti realizzati, ad esempio, con pettini in tondini d'acciaio.

##### **5.6.10.1 Iniezione nei cavi di precompressione**

###### Boiacche cementizie per le iniezioni nei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. nuove

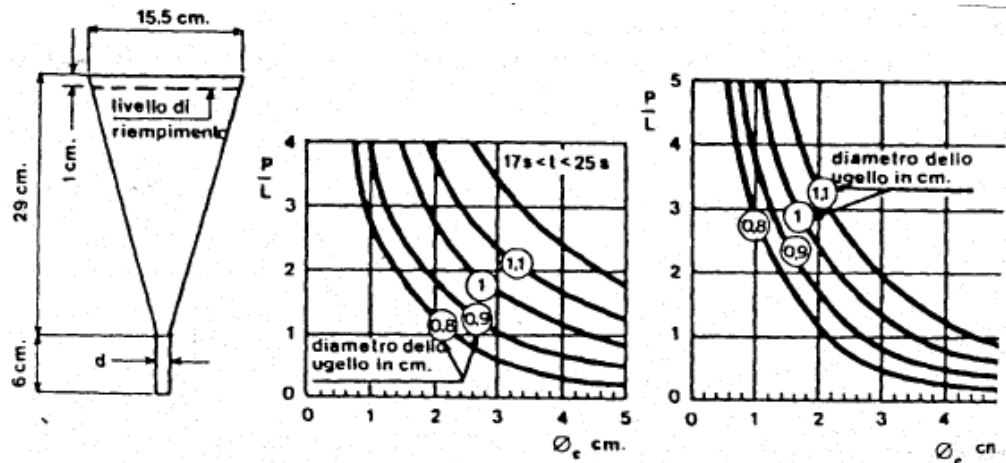
Nelle strutture in conglomerato cementizio armato precompresso con cavi scorrevoli, allo scopo di assicurare l'aderenza e soprattutto proteggere i cavi dalla corrosione, è necessario che le guaine vengano iniettate con boiaccia di cemento reoplastica, fluida pompabile ed a ritiro compensato (è richiesto un leggero effetto espansivo).

Tale boiaccia preferibilmente pronta all'uso previa aggiunta di acqua, oppure ottenuta da una miscela di cemento speciale, additivo in polvere, dosato in ragione del 5 - 6% sul peso del cemento, ed acqua, non dovrà contenere cloruri né polvere di alluminio, né coke, né altri agenti che provocano espansione mediante formazione di gas capaci di innescare fenomeni di corrosione.

Oltre a quanto prescritto dalle vigenti norme di legge (Norme Tecniche per le costruzioni di cui al **DM 17-01-2018**), si precisa quanto segue, intendendosi sostituite dalle

prescrizioni che seguono (più restrittive) parte delle prescrizioni analoghe contenute nel citato Decreto:

1. La fluidità della boiaccia di iniezione dovrà essere misurata con il cono di Marsh (punto 8.9.1.1) per ogni impasto all'entrata delle guaine e per ogni guaina all'uscita; l'iniezione continuerà finché la fluidità della boiaccia in uscita sarà paragonabile a quella in entrata. Si dovrà provvedere con appositi contenitori affinché la boiaccia di sfrido non venga scaricata senza alcun controllo sull'opera o attorno ad essa. Una più accurata pulizia delle guaine ridurrà l'entità di questi sfridi.
2. L'impastatrice dovrà essere del tipo ad alta velocità, almeno 4000 - 5000 giri/min (con velocità tangenziale minima di 14 m/sec), è proibito l'impasto a mano, il tempo di mescolamento verrà fissato di volta in volta in base ai valori del cono di Marsh.
3. Prima di essere immessa nella pompa la malta dovrà essere vagliata con setaccio a maglia di 2 mm di lato.
4. L'essudazione non dovrà essere superiore allo 2% del volume (punto 5.6.10).
5. Il tempo d'inizio presa non dovrà essere inferiore a tre ore (a 303 K, 30 C).
6. È tassativamente prescritta la disposizione di tubi di sfiato in corrispondenza di tutti i punti più elevati di ciascun cavo, comprese le trombette ed i cavi terminali. Ugualmente dovranno esserci tubi di sfiato nei punti più bassi dei cavi lunghi e con forte dislivello. All'entrata di ogni guaina dovrà essere posto un rubinetto, valvola o altro dispositivo, atti a mantenere, al termine dell'iniezione., la pressione entro la guaina stessa per un tempo di almeno 5 h.
7. L'iniezione dovrà avere carattere di continuità e non potrà venire assolutamente interrotta.



CONO DI MARSH

A FILI

A TREFOLI

Dove:

P = pressione dell'iniezione (g/cm<sup>2</sup>)

L = lunghezza della guaina (cm)

$\phi_e = \sqrt{\phi G^2 - n \cdot \phi^2}$  [diametro equivalente in funzione della guaina ( $\phi G$ ), del diametro dei fili ( $\phi f$ ) e del loro numero (n.)].

(2) Misura della essudazione della malta.

Si opera con una provetta graduata cilindrica (250 cm<sup>3</sup>,  $\phi$  6 cm, con 6 cm di malta). La provetta deve essere tenuta in riposo e al riparo dall'aria. La misura si effettua 3 ore dopo il mescolamento, con lettura diretta oppure con pesatura prima e dopo lo svuotamento con pipetta dell'acqua trasudata.

In caso di interruzioni dovute a cause di forza maggiore e superiori a 5 min, il cavo verrà lavato e l'iniezione andrà ripresa dall'inizio.

8. È preferibile l'impiego di cemento tipo 32,5 (usando il 42,5 solo per gli impieghi invernali).

### 5.6.10.2 Misura della fluidità con il cono di Marsh

L'apparecchio dovrà essere costruito in acciaio inossidabile ed avere forma e dimensioni come in figura, con ugello intercambiabile di diametro d variabile da 8 mm a 11 mm.

La fluidità della boiaccia sarà determinata misurando il tempo totale di Scolo di 1000 cm<sup>3</sup> di boiaccia (essendo la capacità totale del cono di 2000 cm<sup>3</sup>, il tempo totale di scolo va diviso per due).

La fluidità della boiaccia sarà ritenuta idonea quando detto tempo di scolo di 1000 cm<sup>3</sup>, sarà compreso tra 13 e 25 sec subito dopo l'impasto (operando alla temperatura di 293 K).

La scelta del diametro dell'ugello dovrà essere fatta sulla base degli abachi in figura, rispettivamente per cavi a fili e a trefoli.

### 5.6.10.3 Misura dell'essudazione della boiaccia (bleeding)

Si opera con una provetta graduata cilindrica (250 cm<sup>3</sup>, Ø = 6 cm, riempita con 100 cm<sup>3</sup> di boiaccia). La provetta deve essere tenuta in riposo al riparo dall'aria. La misura si effettua tre ore dopo il mescolamento con lettura diretta oppure con pesatura prima e dopo lo svuotamento con pipetta dell'acqua trasudata.

## 5.7 MISCELE A BASSA VISCOSITÀ PER LE INIEZIONI NELLE GUAINI DEI CAVI DI PRECOMPRESSIONE DI STRUTTURE IN C.A.P. ESISTENTI

Le presenti norme regolano l'esecuzione di iniezioni con miscele a bassa viscosità delle guaine di cavi di precompressione di strutture in c.a.p. esistenti con grado di riempimento variabile.

A seconda del tipo di guaine da riempire, del loro numero e del loro grado di riempimento, dovrà essere deciso il tipo di materiale da usare (resine epossidiche pure o caricate o boiaccie di cemento pronte all'uso) e le modalità d'iniezione (iniezione tradizionale, da più fori oppure iniezioni sottovuoto).

Nel caso di riempimento di guaine completamente vuote saranno sempre usati materiali di tipo cementizio.

Nel seguito sono riportate le caratteristiche che i materiali devono possedere e le modalità da seguire per le iniezioni.

### 5.7.1 Caratteristiche dei materiali

#### 5.7.1.1 Iniezione con sistemi epossidici

- ✓ Tipo di resina: sistema epossidico costituito unicamente da resina bicomponente (A+B), pigmentato solo su richiesta della Direzione Lavori. La Direzione Lavori, a seconda delle presumibili dimensioni dei vuoti all'interno delle guaine ed in relazione alle circostanze emerse durante il lavoro di iniezione, potrà ordinare l'uso di cariche (per esempio cemento) che comunque dovranno essere di natura basica o neutra.
- ✓ Tempo di presa: riferito al sistema epossidico puro. Dovrà essere compatibile con le esigenze del lavoro e comunque non inferiore a 2 h. Per particolari condizioni operative la Direzione Lavori potrà richiedere tempi di presa superiori.  
POT-LIFE misurato (secondo SECAM) alla temperatura 293±1 K e umidità relativa del 65% -+5% in bicchiere di vetro della capacità di 100 cm<sup>3</sup> su quantità di 50 cm<sup>3</sup> di miscela (media su 5 prove).
- ✓ Viscosità: riferita al sistema epossidico puro, non dovrà essere superiore a 180 cps a 293±1 K ed umidità relativa di 65% ± 5%. La sua determinazione potrà essere fatta mediante misura diretta o con tazza FORD 4 termostata (media su 5 prove).



- ✓ Ritiro: dovrà risultare minore dello 0,19. misurato secondo norma UNI-PLAST 4285 (media su 5 prove).
- ✓ Comportamento in presenza d'acqua: l'eventuale presenza di acqua nelle guaine non dovrà costituire impedimento alla policondensazione della miscela.
- ✓ Protezione chimica dei ferri d'armatura: la miscela dovrà avere pH basico, compreso tra 10,5 e 12,5; tale valore verrà misurato sulla resina miscelata (A + B), nel rapporto di catalisi di fornitura, diluita con acqua distillata, per avere la necessaria bagnabilità del rilevatore.

#### **5.7.1.2 Iniezione con boiacche cementizie**

- ✓ Tipo di boiaccia cementizia: boiaccia cementizia preconfezionata, pronta all'uso con la semplice aggiunta di acqua, esente da aggregati metallici, di viscosità molto bassa pur con rapporti acqua/cemento non superiori a 0,38.
- ✓ Viscosità: la viscosità verrà valutata con cono di Marsh, ugello da mm 12, secondo le modalità indicate al punto 16.1.1.; il tempo di scolo di 1000 cm<sup>3</sup> non dovrà essere superiore a trenta secondi nella boiaccia appena confezionata e dovrà mantenersi costante per almeno 30 min.
- ✓ Ritiro: la boiaccia dovrà essere priva di ritiro; è preferibile un comportamento espansivo.
- ✓ Essudazione (Bleeding): il materiale dovrà essere esente da bleeding.
- ✓ Resistenza meccanica: la resistenza meccanica alla compressione semplice su provini cubici di 7 o 10 cm di lato dovrà risultare non inferiore a 25 MPa dopo 3 giorni, 35 MPa dopo 7 giorni ed a 50 MPa dopo 28 giorni con una massa volumica degli stessi non inferiore a 18,5 kN/m<sup>3</sup>.

Le suddette caratteristiche dovranno essere definite per ogni lotto di miscela prodotta.

#### **5.7.2 Modalità di iniezione**

##### **5.7.2.1 Iniezioni tradizionali**

Preliminarmente, sulle travi nelle quali è stato già individuato il presumibile tracciato dei cavi di precompressione mediante misure geometriche effettuate con riferimento ai disegni di progetto e con l'ausilio di sondaggi eseguiti con apposita apparecchiatura elettromagnetica e/o ad ultrasuoni, si dovrà procedere alla localizzazione delle guaine mediante tasselli effettuati con micro-demolitori (Normalmente con un passo di 3-4 m su ogni cavo partendo dal centro della trave).

Non tutti i tasselli serviti per localizzare e valutare lo stato delle guaine saranno attrezzati per l'iniezione, ma soltanto quelli più idonei; su di essi si applicheranno i tubetti d'iniezione provvisti di apposita cuffia, da sigillare con paste collanti epossidiche, previa

accurata pulizia del supporto; qualora la profondità del tassello sia rilevante, la pasta collante sarà stesa in più strati successivi. Le stucature dovranno essere impermeabili al tipo di materiale usato nell'iniezione e, nel caso di iniezioni sottovuoto, dovranno permettere la formazione di quest'ultimo.

Tubetti di iniezione verranno introdotti anche nei fori degli ancoraggi dei cavi, preliminarmente scoperti e puliti, eventualmente riperforati con trapano, quindi stuccati con la pasta di cui sopra.

I tasselli non utilizzati per l'iniezione delle guaine saranno chiusi mediante malta reoplastica fluida non segregabile, tixotropica, a basso calore d'idratazione, priva di ritiro, ad elevata resistenza meccanica ed elevato potere adesivo all'acciaio ed al conglomerato cementizio. La stuccatura verrà rinforzata e supportata con una rete elettrosaldata debitamente ancorata, mediante saldature o legature alle armature esistenti. Si procederà, inoltre, a stucature e riparazioni di zone di conglomerato cementizio poroso, vespai ecc. in modo da chiudere possibili vie di uscita dei materiali di iniezione.

Tali stucature saranno effettuate con paste a base epossidica e, quando previsto dal progetto, anche rinforzate con reti metalliche.

Dopo almeno 48 h dall'ultimazione della stuccatura, si procederà alla soffiatura all'interno delle guaine per eliminare eventuali sacche d'acqua e per valutare la consistenza dei vuoti nei vari tratti.

Si procederà quindi alla iniezione della miscela scegliendo il punto iniziale in base alle risultanze della soffiatura.

In linea di massima sarà conveniente partire dai fori di iniezione in mezzera della trave dove sono in comunicazione gran parte delle guaine e procedere sino alla fuoriuscita (se possibile) della miscela dai primi tubetti posti ai lati del punto di iniezione.

Si inietteranno poi questi ultimi e, successivamente, quelli adiacenti, in successione, fino ad ottenere la fuoriuscita della miscela dalle testate dei cavi.

Naturalmente i tubi già iniettati dovranno essere man mano sigillati. La pressione d'iniezione dovrà essere la più bassa possibile, compatibilmente con l'esigenza di ottenere un buon riempimento dei cavi e comunque in nessun caso si dovranno superare i 5 bar.

#### **5.7.2.2 Iniezioni sottovuoto**

Potranno essere usate tecniche di iniezione sottovuoto, cioè provocando con apposita attrezzatura aspirante un vuoto dell'ordine di 1 bar nelle cavità da iniettare e ammettendo poi il materiale di riempimento.

Le modalità di preparazione di fori di iniezione e la loro ubicazione sono analoghe a quelle descritte per le iniezioni tradizionali con la variante che sarà necessario, una volta decisi i punti in cui applicare gli iniettori, effettuare una prima valutazione della possibilità di creare il vuoto e dell'entità del volume delle cavità presenti.

La prima valutazione tende ad individuare la necessità o meno di effettuare gli interventi di tenuta e le zone dove dovranno essere eseguite tali stucature; la seconda a stimare i consumi e, principalmente, a controllare, a iniezione terminata, che tutti i vuoti valutati siano stati riempiti.

A seconda dell'attrezzatura disponibile la valutazione si effettuerà tramite misura (con contaltri) del volume d'aria ammesso nella cavità, dopo aver effettuato il vuoto, oppure in base alla legge di Boyle-Mariotte.

A questo punto si procederà alle iniezioni vere e proprie con il materiale di riempimento prescelto; il materiale introdotto nella cavità per azione del vuoto dovrà, a passaggio terminato, essere posto sotto una pressione di 2-3 bar prima del bloccaggio del tubo d'iniezione.

Occorrerà anche valutare il volume del materiale entrato in genere misurando il consumo in chilogrammi e passando al volume (Vm) per tramite del peso specifico del materiale stesso, oppure valutando direttamente il volume del materiale iniettato.

Il rapporto  $Vm/V \cdot 100$  (grado di riempimento) verrà indicato per ogni singola iniezione.

### **5.7.3 Prove**

Per accertare la rispondenza ai requisiti richiesti, i materiali dovranno essere sottoposti a prove presso un Laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 con la frequenza indicata dalla Direzione Lavori.

### **5.7.4 Tesatura delle armature di precompressione**

L'Impresa durante le operazioni di tesatura dovrà registrare, su appositi moduli, da consegnare in copia alla DL, i tassi di precompressione e gli allungamenti totali o parziali di ciascun trefolo o cavo della struttura.

Nelle strutture ad armatura pre-tesa le armature di precompressione dovranno essere ricoperte dal conglomerato cementizio per tutta la loro lunghezza.

## **5.8 MANUFATTI PREFABBRICATI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO, NORMALE O PRECOMPRESSO**

Per quanto riguarda il trasporto, la movimentazione e le tecniche di messa in opera degli elementi e del complesso strutturale, l'Impresa 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 17-01-2018**), nel rispetto delle responsabilità e competenze delle diverse figure professionali stabilite dalle stesse Norme.

### **5.8.1 Manufatti prefabbricati di produzione occasionale**

Come prescritto al § 11.8.1 del **DM 17-01-2018** gli elementi costruttivi di produzione occasionale (ad esempio in impianti temporanei di prefabbricazione esterni al cantiere o allestiti a piè d'opera) devono essere realizzati attraverso processi e in stabilimenti sottoposti ad un sistema di controllo della produzione, secondo le procedure di cui ai §§ 11.8.2, 11.8.3, 11.8.4 (per quanto esplicitamente applicabile al campo della produzione occasionale).

L'Impresa dovrà far pervenire alla Direzione dei Lavori, all'atto della fornitura, i documenti di accompagnamento previsti al § 11.8.5 del **DM 17-01-2018**. In particolare, la Direzione

Lavori controllerà che gli ambiti di competenza di ciascuna figura professionale richiamata dal citato decreto siano stati rispettati.

Le eventuali forniture non conformi alle succitate disposizioni saranno rifiutate.

#### **5.8.2 Manufatti prefabbricati prodotti in serie**

Al § 4.1.10 del **DM 17-01-2018** sono riportate le definizioni e le caratteristiche di conformità degli elementi prefabbricati prodotti in serie dichiarata e/o controllata.

L'Impresa dovrà far pervenire alla Direzione dei Lavori, all'atto della fornitura, i documenti di accompagnamento previsti al § 11.8.5 del **DM 17-01-2018**. In particolare, la Direzione Lavori controllerà che gli ambiti di competenza di ciascuna figura professionale richiamata dal citato decreto siano stati rispettati.

Le eventuali forniture non conformi alle succitate disposizioni saranno rifiutate.

Si precisa che a tutti gli elementi prefabbricati dotati di marcatura CE si applica quanto riportato nei punti A) oppure C) del § 11.1 del **DM 17-01-2018**. In tali casi, inoltre, si considerano assolti i requisiti procedurali di cui al deposito ai sensi dell'art.9 della Legge 05.11.71 n.1086 ed alla certificazione di idoneità di cui agli artt. 1 e 7 della Legge 02.02.74 n.64. Resta comunque l'obbligo del deposito del progetto presso il competente ufficio regionale. Ai fini dell'impiego, tali prodotti devono comunque rispettare, laddove applicabili, i §§ 11.8.2, 11.8.3.4 ed 11.8.5 del **DM 17-01-2018**, per quanto non in contrasto con le specifiche tecniche europee armonizzate.

Ai fini della verifica di quanto sopra l'Impresa dovrà consegnare alla Direzione Lavori, all'atto della fornitura, tutta la documentazione inerente la marcatura CE dei manufatti.

#### **5.9 TOLLERANZE DI ESECUZIONE**

La Direzione Lavori procederà sistematicamente, sia in corso d'opera che a struttura ultimata, alla verifica delle quote e dimensioni indicate nel progetto definitivo. Nelle opere finite gli scostamenti ammissibili (tolleranze) rispetto alle dimensioni e/o quote dei progetti sono riportate di seguito per i vari elementi strutturali:

**Fondazioni: plinti, platee, solettoni ecc:**

- |   |                         |
|---|-------------------------|
| - posizionamento rispetto alle coordinate di progetto | S = ± 2.0cm             |
| - dimensioni in pianta                                | S = - 3.0 cm o + 5.0 cm |
| - dimensioni in altezza (superiore)                   | S = - 0.5 cm o + 2.0 cm |
| - quota altimetrica estradosso                        | S = - 0.5 cm o + 2.0 cm |

**Strutture in elevazione: pile, spalle, muri ecc.:**

- |  |                         |
|--|-------------------------|
| - posizionamento rispetto alle coordinate degli allineamenti di progetto | S = ± 2.0 cm            |
| - dimensione in pianta (anche per pila piena)                            | S = - 0.5 cm o + 2.0 cm |
| - spessore muri, pareti, pile cave o spalle                              | S = - 0.5 cm o + 2.0 cm |
| - quota altimetrica sommità  | S = ± 1.5 cm            |
| - verticalità per H ≤ 600 cm   | S = ± 2.0 cm            |
| - verticalità per H > 600 cm   | S = ± H/12              |

**Solette e solettoni per impalcati, solai in genere:**

- |                                 |                        |
|---------------------------------|------------------------|
| - spessore:                     | S = -0.5 cm o + 1.0 cm |
| - quota altimetrica estradosso: | S = ± 1.0 cm           |

**Vani, cassette, inserterie:**

- |  |              |
|--|--------------|
| - posizionamento e dimensione vani e cassette: | S = ± 1.5 cm |
| - posizionamenti inserti (piastre, boccole):   | S = ± 1.0 cm |

In ogni caso gli scostamenti dimensionali negativi non devono ridurre i copriferri minimi prescritti dal progetto.

Per le tolleranze sopra riportate sono possibili variazioni qualora:

- ✓ nel progetto definitivo siano stati indicati valori differenti per gli scostamenti ammessi;
- ✓ la Direzione dei Lavori, per motivate necessità, faccia esplicita richiesta di variazione dei valori.

## 5.10 PROVE DI CARICO

Le prove di carico, ove ritenute necessarie dal Collaudatore, dovranno identificare la corrispondenza del comportamento teorico con quello sperimentale. I calcestruzzi degli elementi sottoposti a collaudo devono aver raggiunto le resistenze previste per il loro funzionamento finale in esercizio. Il programma delle prove, stabilito dal Collaudatore, con l'indicazione delle procedure di carico e delle prestazioni attese deve essere sottoposto alla Direzione dei Lavori per l'attuazione e reso noto al Progettista e all'Impresa.

I criteri generali sono i seguenti:

- Le prove di carico ai fini del collaudo statico dovranno essere eseguite in accordo alle normative vigenti ed alle indicazioni del Collaudatore e della D.L.
- L'effettuazione delle prove dovrà essere programmata con la D.L. a cura dell'Impresa con adeguato anticipo. L'Impresa dovrà verificare e fare in modo che al momento del collaudo risulti disponibile tutta la certificazione prevista contrattualmente e dalla normativa vigente.
- Prima della effettuazione delle prove l'Impresa dovrà concordare con la D.L. la quantità ed il tipo delle apparecchiature, degli strumenti e dei materiali da utilizzare, garantendo la operatività e la precisione richiesta e facendo eseguire le tarature eventualmente necessarie
- Sarà cura dell'Impresa assicurare, nel rispetto delle norme di sicurezza, la completa accessibilità sia alle opere da collaudare che agli strumenti di misura.

L'Impresa, infine, è tenuta ad accettare sia i risultati delle operazioni di collaudo sia le eventuali azioni ed interventi, volti a sanare situazioni ritenute insoddisfacenti, da parte della Direzione Lavori, del Collaudatore o del Progettista.

## **6. MICROPALI**

### **6.1.1 Definizione**

Si definiscono micropali i pali trivellati ottenuti attrezzando le perforazioni di piccolo diametro ( $d \leq 250$  mm) con tubi metallici, che possono anche essere dotati di valvole di non ritorno (a secondo delle modalità di solidarizzazione con il terreno), che sono connessi al terreno mediante:

- ✓ riempimento a gravità;
- ✓ riempimento a bassa pressione;
- ✓ iniezione ripetuta ad alta pressione.

Tali modalità di connessione con il terreno, sono da applicare rispettivamente:

- ✓ per micropali eseguiti in roccia o terreni coesivi molto compatti il cui modulo di deformabilità a breve termine sia superiore ai 200 MPa, utilizzeremo il primo tipo di connessione;
- ✓ per micropali eseguiti in terreni di qualunque natura, caratterizzati da un modulo di deformazione a breve termine inferiore a 200 MPa, utilizzeremo il secondo ed il terzo tipo di connessione.

L'armatura metallica può essere costituita da:

- ✓ tubo senza saldature, eventualmente dotato di valvole di non ritorno;
- ✓ da un profilato metallico della serie UNI a doppio piano di simmetria;
- ✓ da una gabbia di armature costituita da ferri longitudinali correnti del tipo ad aderenza migliorata, e da una staffatura esterna costituita da anelli o spirali continue in tondo ad aderenza migliorata o liscio.

### **6.1.2 Normative di riferimento**

I lavori saranno eseguiti in accordo, ma non limitatamente, alle seguenti normative

- ✓ Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 09/01/1996;
- ✓ Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11/03/1988 e Circolare LL.PP. n°30483 del 24/09/1988
- ✓ Associazione Geotecnica Italiana, Raccomandazioni sui pali di fondazione, Dic. 1984
- ✓ Altre norme UNI-CNR, ASTM, DIN, saranno specificate ove pertinenti.

### **6.1.3 Preparazione del piano di lavoro**

L'Appaltatore dovrà aver cura di accertare che l'area di lavoro non sia attraversata da tubazioni, cavi elettrici o manufatti sotterranei che, se incontrati durante l'esecuzione dei pali, possono recare danno alle maestranze di cantiere o a terzi.

Per la realizzazione dei pali in alveo, in presenza di un battente di acqua fluente, l'Appaltatore predisporrà la fondazione di un piano di lavoro a quota sufficientemente elevata rispetto a quella dell'acqua per renderlo transitabile ai mezzi semoventi portanti le attrezzature di infissione o di perforazione e relativi accessori e di tutte le altre attrezzature di cantiere.

### **6.2 TIPOLOGIE ESECUTIVE**

Le tecniche di perforazione e le modalità di getto dovranno essere definite in relazione alla natura dei materiali da attraversare e delle caratteristiche idrogeologiche locali.

La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi, nel caso di situazioni stratigrafiche particolari o per l'importanza dell'opera, dovranno essere messi a punto a cura e spese dell'Appaltatore, anche mediante l'esecuzione di micropali di prova, approvati dalla DL prima dell'inizio della costruzione dei micropali.

Dovranno essere adottate durante la perforazione tutte le tecniche per evitare il franamento del foro, la contaminazione delle armature, l'interruzione e/o l'inglobamento di terreno nella guaina cementizia che solidarizza l'armatura al terreno circostante.

Le perforazioni dovranno quindi essere eseguite con rivestimento, ed i detriti allontanati mediante opportuni fluidi di perforazione.

Questo potrà consistere in:

- ✓ acqua;
- ✓ fanghi bentonitici;
- ✓ schiuma
- ✓ aria, nel caso di perforazione a rotopercolazione con martello a fondo foro, o in altri casi approvati dalla DL.

È di facoltà della DL far adottare la perforazione senza rivestimento, impiegando solamente fanghi bentonitici.

La perforazione "a secco" senza rivestimento potrà essere adottata, previa comunicazione alla DL, solo in terreni uniformemente argillosi di media ed elevata consistenza, esenti da intercalazioni incoerenti e non interessati da falde che possono causare ingresso di acqua nel foro, caratterizzati da valori della resistenza al taglio non drenata ( $C_u$ ) che alla generica profondità di scavo  $H$  soddisfi la seguente condizione:

$$c_u \geq \gamma H / 3$$

dove:

$\gamma$  = peso di volume totale.



Inoltre, la perforazione "a secco" è ammissibile solo dove possa essere eseguita senza alcun ingresso alcuno di acqua nel foro, ed è raccomandata nei terreni argillosi sovraconsolidati.

### **6.2.1 Tolleranze geometriche**

Le tolleranze ammesse sono le seguenti:

- ✓ la posizione planimetrica non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm, salvo diverse indicazioni della Direzione Lavori;
- ✓ la deviazione dell'asse del micropalo verticale rispetto all'asse di progetto non dovrà essere maggiore del 2%. Nel caso di micropali inclinati, tale tolleranza è incrementata al 4%;
- ✓ 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
- ✓ la posizione altimetrica della testa del micropalo non dovrà scostarsi da quelle di progetto  $\pm 5$  cm;
- ✓ la lunghezza del micropalo non dovrà discostarsi da quella di progetto  $\pm 15$  cm.

Ogni micropalo che risultasse non conforme alle tolleranze qui stabilite dovrà essere idoneamente sostituito, a cura e spese dell'Appaltatore.

### **6.2.2 Tracciamento**

Prima di iniziare la perforazione l'Appaltatore dovrà, a sua cura e spese, individuare sul terreno la posizione dei micropali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.

Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del micropalo quale risulta dalla pianta della palificata. Tale pianta, redatta e presentata alla DL dall'Appaltatore, dovrà indicare la posizione planimetrica di tutti i micropali, inclusi quelli di prova, contrassegnati con numero progressivo.

### **6.2.3 Armatura**

Le armature metalliche dovranno soddisfare le prescrizioni di cui al presente articolo e saranno in ogni caso estese a tutta la lunghezza del micropalo.

#### Armatura con barre di acciaio per c.a.

Si useranno barre longitudinali ad aderenza migliorata e spirale di tondino liscio. Saranno pre-assemblate in gabbie da calare nel foro al termine della perforazione, la giunzione tra i vari elementi della gabbia sarà ottenuta mediante doppia legatura, tra una gabbia e la successiva (in caso di pali di profondità eccedente le lunghezze commerciali delle barre) la giunzione avverrà per saldatura delle barre longitudinali corrispondenti.

Quando previsto dal progetto si potranno adottare micropali armati con un'unica barra senza spirale.

In ogni caso le armature saranno corredate da distanziatori non metallici (blocchetti di malta o elementi di materia plastica) idonei ad assicurare copriferro minimo di 3 cm disposti a intervalli longitudinali non superiore a 2,5 m.

#### Armature tubolari

Si useranno tubi di acciaio senza saldatura longitudinale del tipo per costruzioni meccaniche.

Le giunzioni tra i diversi spezzoni di tubo potranno essere ottenute mediante manicotti filettati o saldati. Tali giunzioni dovranno consentire una trazione pari almeno all'80% del carico ammissibile a compressione.

Nel caso i tubi di armatura siano anche dotati di valvole per l'iniezione, essi dovranno essere scovolati internamente dopo l'esecuzione dei fori di uscita della malta (fori  $d = 8$  mm) allo scopo di asportare le sbavature lasciate dal trapano.

Le valvole saranno costituite da manicotti di gomma di spessore minimo  $s = 3.5$  mm, aderenti al tubo e mantenuti in posto mediante anelli in fili di acciaio (diametro 4 mm) saldati al tubo in corrispondenza dei bordi del manicotto.

La valvola più bassa sarà posta subito sopra il fondello che occlude la base del tubo.

Anche le armature tubolari dovranno essere dotate di distanziatori non metallici per assicurare un copriferro minimo di 3 cm, posizionati di preferenza sui manicotti di giunzione.

#### Armature con profilati in acciaio

Le caratteristiche geometriche e meccaniche dei profilati dovranno essere conformi a quelle prescritte in 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 – 14 m). Le saldature saranno dimensionate ed eseguite in conformità alle Norme vigenti.

#### Malte e miscele cementizie

Il cemento da impiegare dovrà essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali, prendendo in considerazione in particolare l'aggressività dell'ambiente esterno.

Gli inerti saranno di norma utilizzati solo per il confezionamento di malte da utilizzare per il getto dei micropali a semplice cementazione. In relazione alle prescrizioni di progetto l'inerte sarà costituito da sabbie fini, polveri di quarzo, polveri di calcare, o ceneri volanti.

Nel caso di impiego di ceneri volanti, ad esempio provenienti dai filtri di altoforni, si dovrà utilizzare materiale totalmente passante al vaglio da 0.075 mm.

È ammesso l'impiego di additivi fluidificanti non aeranti. L'impiego di acceleranti potrà essere consentito solo in situazioni particolari. Schede tecniche di prodotti commerciali che l'Appaltatore si propone di usare dovranno essere inviate preventivamente alla Direzione Lavori per informazione.

Per quanto riguarda le malte e le miscele cementizie queste di norma dovranno presentare resistenza cubica pari a  $R_{ck} \geq 25$  Mpa. A questo scopo si prescrive che il dosaggio in peso dei componenti sia tale da soddisfare un rapporto acqua/cemento:

$$a/c \leq 0.5$$

La composizione delle miscele di iniezione, riferita ad  $1 \text{ m}^3$  di prodotto, dovrà essere la seguente:

- ✓ acqua: 600 kg
- ✓ cemento: 1200 kg
- ✓ additivi:  $10 \div 20$  kg

con un peso specifico pari a circa:

$\gamma = 1.8 \text{ kg/dm}^3$ . Nella definizione della composizione delle malte, prevedendo un efficace mescolazione dei componenti atta a ridurre la porosità dell'impasto, si può fare riferimento al seguente dosaggio minimo, riferito ad  $1 \text{ m}^3$  di prodotto finito:

- ✓ acqua: 300 kg
- ✓ cemento: 600 kg
- ✓ additivi:  $5 \div 10$  kg
- ✓ inerti:  $1100 \div 1300$  kg

#### **6.2.4 Micropali con riempimento a gravità o a bassa pressione**

La perforazione sarà 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 saranno utilizzate pompe a pistoncini con portate e pressioni adeguate. Si richiedono valori minimi di 200 l/min e 25 bar, 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  $\geq 10 \text{ m}^3/\text{min}$
- ✓ pressione 8 bar.

##### Formazione del fusto del micropalo

Completata la perforazione e rimossi i detriti presenti nel foro, o in sospensione nel fluido di perforazione, prolungando la circolazione del fluido stesso fino alla sua completa chiarificazione, si provvederà ad inserire entro il foro l'armatura, che dovrà essere conforme ai disegni di progetto.

La cementazione potrà avvenire con riempimento a gravità o con riempimento a bassa pressione.

Nel primo caso il riempimento del foro, dopo la posa delle armature, dovrà avvenire 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 inerti sabbiosi, ovvero con peso di volume superiore a quello degli eventuali fanghi di perforazione, il tubo convogliatore sarà dotato superiormente di un imbuto o tramoggia di carico; si potrà anche procedere al getto attraverso l'armatura, se tubolare e di diametro interno  $\geq 80$  mm.

Nel caso di malta con inerti fini o di miscela cementizia pura, senza inerti, 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.

Il riempimento sarà proseguito fino a che la malta immessa risalga in superficie senza inclusioni o miscele con il fluido di perforazione. Si dovrà accertare la necessità o meno di effettuare rabbocchi, da eseguire preferibilmente tramite il tubo di convogliamento.

Nel secondo caso, il foro dovrà essere interamente rivestito; la posa della malta o della miscela avverrà in un primo momento, entro il rivestimento provvisorio, tramite un tubo di convogliamento come descritto al paragrafo precedente.

Successivamente si applicherà 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 smonterà allora la sezione superiore del rivestimento e si applicherà la testa di pressione al tratto residuo di rivestimento, previo rabboccamento dall'alto per riportare a livello la malta.

Si procederà 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.

## **6.3 PROVE DI CARICO**

### **6.3.1 Generalità**

In seguito, vengono fornite le indicazioni tecniche generali per l'esecuzione di prove di carico su pali.

Le prove di carico hanno principalmente lo scopo di:

- ✓ accertare eventuali deficienze esecutive nel palo;
- ✓ verificare i margini di sicurezza disponibili nei confronti della rottura del sistema palo-terreno;
- ✓ valutare le caratteristiche di deformabilità del sistema palo-terreno.

Si definiscono:

- ✓ prove di collaudo le prove effettuate su pali e micropali facenti parte della fondazione, dei quali non bisogna compromettere l'integrità; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova ( $P_{max}$ ) è in generale pari a 1.5

volte il carico di esercizio ( $P_{es}$ );

- ✓ prove a carico limite le prove effettuate su pali e micropali appositamente predisposti all'esterno della palificata, spinte fino a carichi di rottura del sistema palo-terreno o prossimi ad essa; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova ( $P_{max}$ ) è in generale pari a  $2.5 \div 3$  volte il carico di esercizio ( $P_{es}$ );

Il numero e l'ubicazione dei pali e micropali da sottoporre ad eventuali prove di carico a rottura devono essere stabiliti in funzione dell'importanza dell'opera, dell'affidabilità, in termini quantitativi, dei dati geotecnici disponibili e del grado di omogeneità del terreno. L'Appaltatore dovrà effettuare prove di carico assiale di collaudo sull'1% dei pali e micropali, con un minimo di almeno due pali o micropali per ogni opera.

I pali soggetti a prova di carico assiale potranno, a discrezione della DL, essere sottoposti anche a prova di ammettenza meccanica per valutare, tramite correlazione, la capacità portante statica di pali soggetti solo a prove dinamiche; la prova di ammettenza meccanica non è prevista per i micropali.

Le caratteristiche dei pali o micropali di prova (lunghezza, diametro, modalità esecutive, caratteristiche dei materiali, ecc.) dovranno essere del tutto simili a quelle dei pali o micropali dimensionati in fase di progetto.

### **6.3.2 Prove di carico su micropali**

#### **6.3.2.1 Prove di carico assiale**

I carichi di prova saranno definiti di volta in volta dal progettista, in relazione alle finalità della prova stessa. Di norma il massimo carico di prova  $P_{prova}$  sarà:

- $P_{prova} = 1.5 P_{esercizio}$
- $P_{prova} = P_{lim}$

ove con  $P_{lim}$  si indica la portata limite dell'insieme micropalo-terreno.

#### Attrezzature e dispositivi di prova

Il carico sarà applicato mediante uno o più martinetti idraulici, con corsa  $\geq 200$  mm, posizionati in modo da essere perfettamente centrati rispetto all'asse del palo.

I martinetti saranno azionati da una pompa idraulica esterna. Martinetti e manometro della pompa saranno corredati da un certificato di taratura recente ( $\approx 3$  mesi). Nel caso di impiego di più martinetti occorre che:

- ✓ i martinetti siano uguali;
- ✓ l'alimentazione del circuito idraulico sia unica. La reazione di contrasto sarà di norma ottenuta tramite una zavorra la cui massa  $M$  dovrà essere non inferiore a 1.2 volte la massa equivalente al massimo carico di prova:

$$M \geq 1.2 \cdot P_{prova} / g = 0.12 P_{prova}$$

È ammessa l'esecuzione di prove di carico a compressione mediante contrasto su micropali laterali, a condizione che:

- ✓ le armature tubolari e le eventuali giunzioni filettate dei micropali di contrasto siano in grado di resistere ai conseguenti sforzi di trazione;
- ✓ la terna di micropali sia giacente sullo stesso piano verticale o inclinato.

Nel caso di micropali inclinati dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad evitare l'insorgere di carichi orizzontali e/o momenti flettenti dovuti ad eccentricità, che potrebbero influenzare i risultati della prova.

I risultati forniti dai micropali di contrasto potranno essere utilizzati quali valori relativi a prove di carico a trazione, se i carichi effettivamente applicati sono significativi a norma di quanto definito per il massimo carico di prova  $P_{prova}$ :

- ✓  $P_{prova} = 1,5 P_{esercizio}$  per  $D \leq 100$  cm e  $P_{prova} = 1,2 P_{esercizio}$  per  $D > 100$  cm
- ✓  $P_{prova} = P_{lim}$

ove con  $P_{lim}$  si indica la portata limite dell'insieme palo-terreno.

I micropali prescelti saranno preparati mettendo a nudo il fusto per un tratto di  $\approx 20$  cm ed eliminando tutte le superfici di contatto e di attrito con eventuali plinti, solette, murature, etc..

Nel tratto di fusto esposto saranno inserite 3 staffe metalliche, a  $120^\circ$ , per il posizionamento dei micrometri.

Si provvederà quindi a fissare sulla testa del micropalo una piastra metallica di geometria adeguata ad ospitare il martinetto, ed a trasferire il carico sul micropalo. La zavorra sarà messa a dimora dopo avere posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 m dall'asse del micropalo.

L'altezza degli appoggi dovrà essere sufficiente a consentire il posizionamento del martinetto e del relativo centratore, e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti. Tra il martinetto e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone.

Gli stessi accorgimenti saranno adottati anche nel caso in cui la trave di contrasto farà capo ad una coppia di micropali posti lateralmente al micropalo da sottoporre a prova di compressione.

#### Programma di carico

Il programma di carico sarà definito di volta in volta, in relazione alle finalità della prova.

Di norma si farà riferimento al seguente schema, che prevede 3 cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato, fatte salve differenti e più restrittive prescrizioni fornite dalla D.L.

#### 1° CICLO

- a) Applicazione di “n” ( $n \geq 4$ ) gradini di carico successivi, di entità pari a  $\delta P$ , fino a raggiungere il carico  $P_{es}$  ( $P_{SLE}$ ).
- b) In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:  
 $t=0$  (applicazione del carico),  $t=2'$ ,  $t=4'$ ,  $t=8'$ ,  $t=15'$   
Si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore.  
Il cedimento  $s$  è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la condizione tra due misure successive ( $\delta t=15'$ ):  
 $s \leq 0.025$  mm
- c) Per il livello corrispondente a  $P_{es}$  il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi si procede allo scarico mediante almeno 3 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a  $t=0$ ,  $t=5'$ ,  $t=10'$ ,  $t=15'$ .  
Allo scarico le letture verranno eseguite anche a  $t=30'$ ,  $t=45'$  e  $t=60'$ .

## 2° CICLO

- a) Applicazione rapida di un carico di entità  $1/3 P_{es}$
- b) Lettura dei cedimenti a  $t=0$ ,  $1'$ ,  $2'$ ,  $4'$ ,  $8'$ ,  $15'$
- c) Scarico rapido e letture a  $t=0$  e  $5'$
- d) Applicazione rapida di un carico di entità  $2/3 P_{es}$
- e) Lettura dei cedimenti come in b)
- f) Scarico come in c)
- g) Applicazione rapida di un carico di entità pari a  $P_{es}$
- h) Lettura dei cedimenti come in b)
- i) Scarico con letture a  $t=0$ ,  $5'$ ,  $10'$ ,  $15'$  e  $30'$

## 3° CICLO

- a) Applicazione di “m” ( $m \geq 9$ ) gradini di carico  $\delta P$  fino a raggiungere il carico di  $P_{prova}$  (o  $P_{lim}$ )
- b) In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al 1° ciclo, punto b)
- c) Il carico  $P_{prova}$ , quando è  $< P_{lim}$  sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il micropalo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini con misure a  $t=0$ ,  $t=5'$ ,  $t=10'$  e  $t=15'$ . A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a  $t=60'$ .  
Si considererà raggiunto il carico limite  $P_{lim}$ , e conseguentemente si interromperà la prova allorché misurando il cedimento  $s$  risulterà verificata una delle seguenti condizioni:  
 $s(P_{lim}) \geq 2s(P_{lim} - \delta P)$   
 $s(P_{lim}) \geq 0.2d + s_{el}$   
ove:  $d$ =diametro del micropalo e  $s_{el}$ =cedimento elastico del micropalo

## Risultati delle prove

Le misure dei cedimenti saranno registrate utilizzando moduli contenenti:

- ✓ il n° del palo con riferimento ad una planimetria;
- ✓ l'orario di ogni singola operazione;
- ✓ la temperatura;
- ✓ il carico applicato;
- ✓ il tempo progressivo di applicazione del carico;
- ✓ le corrispondenti misure di ogni comparatore;
- ✓ i relativi valori medi;
- ✓ le note ed osservazioni.

Le tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento costituiranno il verbale della prova. Le date e il programma delle prove dovranno essere altresì comunicati alla Direzione Lavori con almeno 7 giorni di anticipo sulle date di inizio. La documentazione fornita dall'esecutore della prova dovrà comprendere i seguenti dati:

- ✓ tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento che le indicazioni singole dei comparatori e la loro media aritmetica (Sono richieste anche le fotocopie chiaramente leggibili della documentazione originale di cantiere ("verbale"));
- ✓ diagrammi carichi;
- ✓ cedimenti finali per ciascun comparatore e per il valore medio; diagrammi carichi –cedimenti (a carico costante) per ciascun comparatore e per il valore medio;
- ✓ numero di identificazione e caratteristiche nominali del palo (lunghezza, diametro);
- ✓ stratigrafia del terreno rilevata durante la perforazione (pali trivellati);
- ✓ geometria della prova (dispositivo di contrasto, travi portamicrometri, etc.);
- ✓ disposizione, caratteristiche e certificati di taratura della strumentazione;
- ✓ scheda tecnica del palo, preparata all'atto dell'esecuzione.
- ✓ relazione tecnica riportante l'elaborazione dei dati e l'interpretazione della prova medesima nonché l'individuazione del carico limite con il metodo dell'inverse pendenze.

### **6.3.3 Prove non distruttive**

Scopo dei controlli non distruttivi è quello di verificare le caratteristiche geometriche e meccaniche dei pali, non compromettendone l'integrità strutturale. A tale scopo potrà essere richiesta l'esecuzione di:

- ✓ prove geofisiche;
- ✓ carotaggio continuo meccanico;
- ✓ scavi attorno al fusto del palo.

Per tutti i controlli non distruttivi l'Appaltatore provvederà a sottoporre alla approvazione della Direzione Lavori le specifiche tecniche di dettaglio.



### Prove geofisiche

Possono essere eseguite mediante emissione di impulsi direttamente alla testa del palo.

Il numero dei controlli sarà di volta in volta stabilito dalla Direzione Lavori anche in relazione alla importanza dell'opera, al tipo di palo, alle caratteristiche geotecniche e idrogeologiche dei terreni di fondazione e alle anomalie riscontrate durante l'esecuzione dei pali.

I pali da sottoporre a controllo mediante prove geofisiche saranno prescelti dalla Direzione Lavori.

Prove geofisiche da testa palo verranno eseguite dall'Appaltatore a sua cura, sotto il controllo della Direzione Lavori, sul 15% del numero totale dei pali e comunque su tutti quei pali ove fossero state riscontrate inosservanze rispetto a quanto prescritto dal presente Capitolato.

Con riferimento ai soli pali trivellati, l'Appaltatore dovrà provvedere, a sua cura, sotto il controllo della Direzione Lavori, all'esecuzione di controlli eseguiti entro fori precedentemente predisposti, sul 5%-del numero totale dei pali con un minimo di due.

Sui pali prescelti per tali prove, lungo il fusto dovrà essere predisposta, prima delle operazioni di getto, l'installazione di tubi estesi a tutta la lunghezza del palo, entro cui possono scorrere le sondine di emissione e ricezione degli impulsi.

I tubi saranno solidarizzati alla gabbia di armatura, resi paralleli tra loro e protetti dall'ingresso di materiali.

Gli stessi saranno almeno due per pali aventi diametro  $d \leq 1200$  mm ed almeno tre per diametri superiori.

Le prove dovranno essere eseguite alternando entro i fori le posizioni delle sonde trasmittente e ricevente.

### Carotaggio continuo meccanico

Il carotaggio dovrà essere eseguito con utensili e attrezzature tali da garantire la verticalità del foro e consentire il prelievo continuo allo stato indisturbato del conglomerato e se richiesto del sedime d'imposta.

Allo scopo saranno impiegati doppi carotieri provvisti di corona diamantata aventi diametro interno minimo pari a 60 mm.

Nel corso della perforazione dovranno essere rilevate le caratteristiche macroscopiche del conglomerato e le discontinuità eventualmente presenti, indicando in dettaglio la posizione e il tipo delle fratture, le percentuali di carotaggio, le quote raggiunte con ogni singola manovra di avanzamento.

Su alcuni spezzoni di carota saranno eseguite prove di laboratorio atte a definire le caratteristiche fisico-meccaniche e chimiche.

Al termine del carotaggio si provvederà a riempire il foro mediante boiaccia di cemento immessa: dal fondo foro.

Il carotaggio si eseguirà a cura dell'Appaltatore, quando ordinato della Direzione Lavori, in corrispondenza di quei pali ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle indicazioni riportate nel presente Capitolato e alle disposizioni della medesima.

### Scavi attorno al fusto del palo

Verranno richiesti ogni qualvolta si nutrano dubbi sulla verticalità e regolarità della sezione nell'ambito dei primi 4.0 – 5.0 m di palo.

Il fusto del palo dovrà essere messo a nudo e pulito con un violento getto d'acqua e reso accessibile all'ispezione visiva.

Successivamente si provvederà a riempire lo scavo con materiali e modalità di costipamento tali da garantire il ripristino della situazione primitiva.

Tali operazioni saranno eseguite, a cura e spese dell'Appaltatore, in corrispondenza di quei pali ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle indicazioni riportate nel presente Capitolato e alle disposizioni della Direzione Lavori.

## **6.4 SPECIFICHE DI CONTROLLO**

### **6.4.1 Generalità**

La seguente specifica si applica alle varie tipologie di pali di fondazione precedentemente descritte.

La documentazione di riferimento comprende tutta quella contrattuale e più specificatamente, quella di progetto quali disegni, specifiche tecniche, etc.. Sono altresì comprese tutte le Norme tecniche vigenti in materia. Le procedure delle prove di seguito specificata, deve ritenersi come minima e dovrà essere incrementata in ragione delle difficoltà tecniche e realizzative.

La Normativa di riferimento per esercitare i seguenti controlli è indicata nel seguente prospetto:

- ✓ D.M. 9/01/1996;
- ✓ D.M. 11/03/1988;
- ✓ AGI- Raccomandazioni sui pali di fondazione (1984);
- ✓ Norme UNI 7163 – 1979;
- ✓ DIN – 4150;
- ✓ D. M. 16/01/96.

L'Appaltatore dovrà attrezzare con le predisposizioni necessarie per l'effettuazione di controlli non distruttivi di tipo sonico (per pali di medio e grande diametro) il 30% dei pali realizzati.

Questi, infatti, sono prove da eseguirsi su pali prescelti prima della loro esecuzione, in quanto devono essere attrezzati con tubazioni (uno o più) da annegare nel getto di calcestruzzo, aventi diametro interno non inferiore a 1" ½.

Dovrà inoltre prevedersi di assoggettare a prove di carotaggio continuo, in asse palo, con prelievo di carote, sull'1% del totale dei pali eseguiti.

Nel caso di esito negativo delle prove, le stesse dovranno essere incrementate nella misura richiesta dalla DL.

#### **6.4.2 Controlli**

Per i micropali, si dovrà verificare che per ogni lotto posto in opera di armature metalliche, nonché di tubi e di profilati di acciaio, dovrà essere accompagnato dai relativi certificati del fornitore ed essere conforme alle indicazioni di progetto.

In caso contrario il materiale non dovrà essere posto in opera.

Per quanto riguarda le malte e le miscele cementizie, possono provenire da impianti di preconfezionamento, oppure essere prodotte in cantiere da apposite centrali di betonaggio.

In entrambi i casi è possibile realizzare gli stessi controlli riportati per le miscele di iniezione degli ancoraggi.

Nel caso si impieghino come fluidi di perforazione dei fanghi bentonitici, per il controllo della qualità del fango si eseguiranno, a cura e spese dell'Appaltatore e in contraddittorio con la Direzione Lavori, determinazioni sistematiche delle seguenti caratteristiche:

- a) peso di volume;
- b) viscosità MARSH;
- c) contenuto in sabbia;

ripetendo le misure con la frequenza e le modalità di prelievo sotto indicate:

- ✓ *Fanghi freschi maturati (determinazione delle caratteristiche a e b):*  
prelievo nella vasca di maturazione con frequenza quotidiana, per ogni impianto di preparazione fanghi.
- ✓ *Fanghi in uso, nel corso della escavazione (determinazione della caratteristica A):*  
prelievo entro il cavo, mediante campionatore, alla profondità sovrastante di 50 cm quella raggiunta dall'escavazione al momento del prelievo, con frequenza di un prelievo per ogni elemento (palo o pannello di diaframma) al termine dell'attraversamento degli strati più sabbiosi o al termine delle operazioni di scavo.
- ✓ *Fanghi prima dell'inizio del getto del conglomerato cementizio (determinazione delle caratteristiche a e c):*  
prelievo mediante campionatore, alla profondità di 80 cm sopra il fondo dello scavo con frequenza di prelievo per ogni elemento da eseguire dopo che le armature metalliche ed il tubo di convogliamento sono già stati posti in opera. La Direzione lavori potrà richiedere ulteriori controlli delle caratteristiche dei fanghi bentonitici impiegati, in particolare nella fase iniziale di messa a punto delle lavorazioni.

L'Appaltatore dovrà disporre in cantiere di una adeguata attrezzatura di laboratorio per il controllo del peso specifico o di volume, della viscosità, del contenuto in sabbia, del pH, dell'acqua libera, e dello spessore del "cake"; mentre per la constatazione delle seguenti caratteristiche:

- ✓ residui al setaccio n. 38 della serie UNI n.2331 -2332;
- ✓ tenore di umidità;
- ✓ limite di liquidità;
- ✓ decantazione della sospensione al 6%;

si ricorrerà a cura e spese dell'Appaltatore, a Laboratorio Ufficiale.

Nel caso di impiego di schiume queste dovranno essere accompagnate dai relativi certificati forniti dai produttori, per ogni lotto impiegato.

Le modalità di preparazione ed uso, dovranno essere preventivamente approvate dalla Direzione Lavori.

Il controllo della profondità dei prefori, rispetto alla quota di sottoplinto, verrà effettuato in doppio modo:

- ✓ in base alla lunghezza delle aste di perforazione immerse nel foro al termine della perforazione, con l'utensile appoggiato sul fondo;
- ✓ in base alla lunghezza dell'armatura.

L'accettazione delle armature verrà effettuata:

- ✓ nel caso di armature in barre longitudinale ad aderenza migliorata, in base alla rispondenze al progetto dei vari diametri nominali e delle lunghezze;
- ✓ nel caso di armature a tubo di acciaio, in base alle lunghezze, al diametro e allo spessore dei tubi previsti in progetto.

In corso di iniezione si preleverà un campione di miscela per ogni micropalo, sul quale si determinerà il peso specifico e la decantazione (bleeding) mediante buretta graduata, così come descritto nel 8 "gallerie" del presente Capitolato.

Il peso specifico dovrà risultare pari almeno al 90% del peso specifico teorico, calcolato assumendo 3 g/cm<sup>3</sup> il peso specifico assoluto del cemento 2.65 g/cm<sup>3</sup> quello degli aggregati, nell'ipotesi che non venga inclusa aria.

Nelle prove di decantazione, l'acqua separata non dovrà superare il 2% in volume.

Con il campione di miscela dovranno essere altresì confezionati dei provini da sottoporre a prove di compressione monoassiale, nella misura di almeno una prova a micropalo.

L'esecuzione del singolo micropalo sarà documentata mediante la compilazione da parte dell'Appaltatore in contraddittorio con la Direzione Lavori di una apposita scheda sulla quale si registreranno i controlli delle tolleranze e i dati seguenti:

- ✓ rilievi stratigrafici del terreno;
- ✓ identificazione del micropalo;
- ✓ dati tecnici dell'attrezzatura di perforazione;
- ✓ data di inizio perforazione e termine getto (o iniezione);
- ✓ fluido di perforazione impiegato;
- ✓ profondità di progetto;
- ✓ profondità effettiva raggiunta dalla perforazione;
- ✓ profondità del foro all'atto della posa in opera dell'armatura;
- ✓ geometria e tipologia dell'armatura;

- ✓ volumi di miscele per la formazione della guaina (per micropali ad iniezioni multiple selettive);
- ✓ assorbimento totale effettivo di miscela di iniezione;
- ✓ risultati delle prove di controllo sulla miscela di iniezione (peso di volume, essudazione, etc.), numero di campioni prelevati e loro resistenza a compressione monoassiale.
- ✓ risultati di ulteriori prove condotte o ordinate dalla Direzione Lavori.

## **7. POZZI**

### **7.1 CLASSIFICAZIONE E DEFINIZIONE**

I pozzi sono manufatti realizzati nel terreno aventi asse verticale e sezione trasversale costante che potrà essere circolare, ellittica o poligonale, a seconda delle indicazioni di progetto.

I pozzi possono essere impiegati per costituire fondazioni profonde che raggiungano le formazioni giudicate idonee a fornire la capacità portante di progetto e costituiscono opere di sostegno, e spesso accolgono opere di drenaggio.

### **7.2 GENERALITÀ**

L'esecuzione del pozzo può interessare materie di qualsiasi natura e consistenza, anche in presenza di acqua; dovrà avvenire garantendo durante le fasi di lavoro la stabilità delle pareti dello scavo in modo tale da evitare frammenti e da minimizzare la riduzione delle caratteristiche meccaniche del terreno circostante.

Il sostegno delle pareti di scavo dovrà essere affidato ad interventi di sottomurazione o ad elementi prefabbricati affondati progressivamente con l'avanzare dello scavo, nonché a coronelle di pali affiancati.

Raggiunta la quota di base del pozzo, la parte strutturale dovrà risultare realizzata in modo conforme a quanto stabilito in progetto, in dipendenza della funzione assegnata al pozzo e delle condizioni geotecniche e idrogeologiche del sottosuolo.

Il materiale di risulta, proveniente dallo scavo, se ritenuto non idoneo al suo reimpiego, dovrà essere portato a discarica.

### **7.3 MODALITÀ ESECUTIVE**

Le modalità ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere conformi ai progetti ed approvati dalla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori.

Dopo ogni fase di scavo verrà posta in opera una centinatura metallica o un anello in c.a. ed un eventuale prerivestimento in conglomerato cementizio spruzzato armato con rete in acciaio elettrosaldato, di tipologie e dimensioni come riportate negli elaborati progettuali.

Scavi aventi un'area teorica superiore agli 80 mq saranno considerati scavi di fondazione a sezione obbligata.

In presenza di trovanti o nell'attraversamento di rocce da mina il metodo di scavo dovrà essere tale da non danneggiare le strutture esistenti, da non penalizzare le caratteristiche meccaniche dei terreni circostanti, da non variare le caratteristiche idrogeologiche locali e dovrà essere condotto con modalità tali che non si abbiano a verificare condizioni pregiudizievoli per la salute e l'incolumità pubblica.

Qualora ricorra la possibilità che possano derivare danni alle proprietà limitrofe, il benessere della Direzione Lavori all'impiego di esplosivo è subordinato ai risultati di

misure vibrazionali e di controllo che l'Appaltatore dovrà eseguire a sua cura e spese secondo schemi e metodologie approvate dalla stessa Direzione Lavori.

Nel corso dello scavo del pozzo l'Appaltatore dovrà riportare su scheda la natura dei materiali attraversati.

È facoltà della Direzione Lavori richiedere all'Appaltatore l'esecuzione sistematica di fotografie a colori a documentazione della natura dei terreni attraversati.

Raggiunta una profondità prossima al piano di posa della fondazione, dove possibile lo scavo verrà scampanato dove occorre anche a campioni.

In quest'ultimo tratto scampanato non verranno eseguiti anelli in calcestruzzo.

Il fondo dello scavo dovrà essere portato in piano, accuratamente ripulito dai detriti e dal terreno smosso o rammollito eventualmente presente, anche con l'impiego di attrezzi a mano. Prima del getto del conglomerato cementizio magro di regolarizzazione del fondo dello scavo, ciascun pozzo dovrà essere ispezionato dalla Direzione Lavori, cui compete il benessere al getto.

La geometria dell'opera, la classe del conglomerato cementizio da impiegare nelle diverse parti, le armature metalliche ed il grado di finitura delle superfici di ripresa o eventualmente in vista, dovranno essere conformi alle indicazioni del progetto.

Qualora durante le fasi di scavo si manifestino rilasci o cavità lungo le pareti, l'Appaltatore dovrà provvedere tempestivamente a sua cura e spese, ad eseguire iniezioni di intasamento con le modalità che saranno via via indicate dalla Direzione Lavori.

Allorché il pozzo viene impostato su un terreno in pendio molto acclive potrà essere richiesto dal progetto che la parte sommitale del rivestimento (edicola) venga conformata a becco di flauto in modo tale da assecondare la morfologia locale.

In funzione delle locali condizioni di stabilità, l'edicola potrà essere realizzata o preliminarmente mediante struttura non vincolata al pozzo o per sottomurazione dei primi anelli ad altezza variabile (massima a monte e minima a valle).

Nel caso l'edicola venga realizzata preliminarmente all'esecuzione del pozzo, previo sbancamento, della struttura.

L' Appaltatore dovrà provvedere all'immediato rinterro a tergo.

#### **7.4 CONTROLLI**

L'esecuzione di ciascun pozzo comporterà la registrazione delle seguenti indicazioni su apposita scheda compilata dall'Appaltatore in contraddittorio con la Direzione Lavori:

- ✓ dimensioni e caratteristiche del pozzo;
- ✓ modalità esecutive;
- ✓ caratteristiche della falda;
- ✓ stratigrafia dettagliata dei terreni attraversati corredata, dove richiesto, da documentazione fotografica;
- ✓ descrizione delle eventuali situazioni anomale e dei relativi provvedimenti adottati (iniezione di intasamento,
- ✓ descrizione delle eventuali opere di drenaggio poste in opera.

## **8. GALLERIE**

### **8.1 GENERALITÀ**

Si intendono comprese in questa categoria di lavoro le gallerie naturali e quelle artificiali. Le gallerie naturali sono quelle definite come manufatti eseguiti a "foro cieco", (comprendendo anche le gallerie esistenti in ampliamento) mentre quelle artificiali sono definite come manufatti realizzati totalmente o parzialmente dall'esterno e successivamente ritombati.

Le tipologie di intervento comuni ad entrambe le categorie sono:

- ✓ scavi
- ✓ consolidamenti
- ✓ drenaggi
- ✓ prerivestimenti
- ✓ impermeabilizzazioni
- ✓ rivestimenti.

Le prescrizioni della presente sezione si applicano a tutte le opere in sotterraneo quali: gallerie ed opere connesse (intervia, nicchie, nicchioni; etc.) cameroni, finestre di accesso, cunicoli, pozzi di areazione, etc.

Nel progetto definitivo predisposto dall'Amministrazione sono definite le sezioni tipo che stabiliscono caratteristiche e quantità degli interventi di stabilizzazione definitiva (comprendenti opere permanentemente installate nelle formazioni attraversate ed aventi efficacia definitiva).

Le tratte di applicazione delle sezioni tipo sono state determinate sulla base della classificazione geomeccanica di Bieniawski (Metodo RMR) o secondo la classificazione GSI e del prevedibile comportamento dell'ammasso durante lo scavo (in particolare dei fenomeni che si prevede che possano innescarsi nel nucleo di terreno al fronte di avanzamento e di quelli di convergenza che, come conseguenza, si manifesterebbero nella fascia di materiale al contorno del cavo).

In fase esecutiva la Direzione Lavori provvederà, in contraddittorio con l'Appaltatore, alla verifica della classe di roccia al fronte di scavo e delle "categorie di comportamento", sulla base dell'effettivo comportamento tenso-deformativo del cavo.

L'Appaltatore è tenuto ad adottare a propria cura e spese tutti gli accorgimenti e le cautele necessarie per garantire la sicurezza dei lavori e l'incolumità delle persone.

Sarà tenuta alla scrupolosa osservanza di tutte le Norme di sicurezza e l'igiene del lavoro in sotterraneo, facendo riferimento al D.P.R. 20/03/1956 n°320, e al D.P.R. 09/04/1959 n°128 e successive modifiche, ed a quanto disposto dal D. Lgs. 626/94 e dal D. Lgs. 494/96.

L'Appaltatore, pertanto, dovrà perseguire a sua cura e spese, nella misura adeguata alle singole circostanze, secondo propri criteri e sotto la propria diretta responsabilità tutti



quei provvedimenti necessari al rispetto delle Norme suddette, inclusi tra essi in particolare la ventilazione, l'illuminazione dei cantieri di lavoro, etc.

## **8.2 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI**

### **8.2.1 Scavi**

Con il termine "scavi" si intendono tutte le tecnologie esecutive finalizzate alla effettuazione di scavi a cielo aperto o a foro cieco in terreni, rocce o materiali di qualsiasi natura.

Gli scavi si suddividono in:

- ✓ scavi a cielo aperto;
- ✓ scavi a "foro cieco".

Tali scavi potranno essere eseguiti a mano, con mezzi meccanici e ove necessario con l'impiego di esplosivi.

### **8.2.2 Scavi a cielo aperto**

Con tale denominazione, si vogliono comprendere tutti gli scavi necessari per la costruzione di gallerie artificiali, le quali possono essere realizzate mediante:

- ✓ scavi eseguiti completamente a cielo aperto
- ✓ scavi eseguiti parzialmente a cielo aperto.

Dopo la realizzazione dei manufatti, dovrà essere ricostituito il profilo preesistente del piano campagna. Nel caso in cui il livello di ricoprimento da eseguire sia incompatibile con la tipologia dei manufatti realizzati, si provvederà ad un rinterro che modifichi il piano di campagna preesistente.

La soluzione da adottare dovrà essere conforme a quanto previsto dal progetto.

Ove l'Appaltatore ravvisasse l'opportunità di modificare le soluzioni indicate dal Progettista, dovrà sottoporre le modifiche che intende realizzare all'approvazione della DL e dello stesso Progettista.

#### **8.2.2.1 Scavo eseguito completamente a cielo aperto**

L'impiego di tale soluzione è subordinato alla possibilità della realizzazione di uno scavo completo dal piano di campagna sino al piano di imposta della fondazione del manufatto da realizzare.

Il tutto dovrà essere compatibile con la situazione ambientale e le caratteristiche geotecniche dei materiali interessati.

In questo caso è possibile procedere alla realizzazione del manufatto esclusivamente in conglomerato cementizio armato, con operazioni "all'aperto".

Si individuano tre sezioni tipiche.

- ✓ *Sezione policentrica anulare*  
Tale sezione, di norma, sarà utilizzata nei tratti iniziale e finale di gallerie naturali. La geometria della sezione sarà analoga a quella utilizzata per le gallerie naturali, dal punto di vista strutturale la sezione sarà sempre anulare e dotata di arco rovescio.
  
- ✓ *Sezione policentrica con solettone*  
Essa è composta da un arco superiore (calotta e piedritti) e da un solettone inferiore (platea di fondo).
  
- ✓ *Sezione policentrica a doppio fornice*  
Tale tipologia, presenta un unico solettone inferiore sul quale sono realizzate due archi di calotta affiancati aventi il piedritto centrale in comune. In tale caso, di norma, il volume compreso tra le due calotte verrà riempito con terreno stabilizzato con cemento nella quantità di 50 Kg/m<sup>3</sup> e l'impermeabilizzazione si estenderà da una calotta all'altra passando sopra lo strato stabilizzato.

#### **8.2.2.2 Scavo eseguito solo parzialmente a cielo aperto**

L'impiego di tale soluzione è subordinato alla possibilità di non poter realizzare lo scavo completo sino al piano di posa della fondazione del manufatto da realizzare, sia in relazione della particolare situazione ambientale, sia in relazione alle caratteristiche geotecniche dei materiali interessati.

Tale metodologia di scavo, si limiterà alla costruzione della soletta di copertura o alle relative spalle di sostegno, a secondo delle previsioni progettuali.

Il completamento dello scavo verrà realizzato asportando il terreno al di sotto della soletta.

In tutti gli scavi che verranno eseguiti con l'impiego di esplosivo, dovrà essere adottato il sistema di sparo a profilatura controllata, così da ottenere profili di scavo regolari e ridurre il disturbo dei materiali circostanti.

Dopo la volata, le pareti dovranno essere disgiunte con la massima cura.

#### **8.2.3 Scavi a foro cieco**

Con tale denominazione vengono racchiusi gli scavi eseguiti per la costruzione di gallerie naturali.

Gli scavi in sotterraneo non potranno essere effettuati se preliminarmente non si è assicurata la stabilità degli imbocchi della galleria.

Gli scavi potranno essere effettuati in terreni di qualsiasi natura, durezza e consistenza, costituiti anche da materiali eterogenei e comunque sciolti.

La scelta della tecnica di scavo dovrà essere basata su una corretta ed esaustiva valutazione di tutti gli aspetti tecnici, economici e temporali, connessi con le operazioni di avanzamento.

La metodologia di scavo, così come la tipologia dei rivestimenti di prima fase e degli eventuali consolidamenti, etc., dovranno essere conformi a quanto previsto dal progetto. In zone di particolare difficoltà di avanzamento dello scavo, la Direzione Lavori può ordinare che lo scavo sia preceduto da uno o più fori esplorativi, di diametro non inferiore ai 10 cm, e per la profondità ritenuta necessaria, al fine di individuare eventuali anomalie e definire gli interventi idonei all'avanzamento.

All'interno del foro esplorativo e/o in corrispondenza del fronte di scavo, la Direzione Lavori potrà ordinare di effettuare rilievi ed ulteriori indagini, che si ritenessero idonee allo scopo nonché di prelevare campioni.

Le risultanze di tali determinazioni dovranno essere verbalizzate e documentate.

Il piano operativo di monitoraggio sarà predisposto a cura dell'Appaltatore sulla base del programma di monitoraggio indicato nel progetto definitivo e, sentito il progettista, sottoposto alla D.L. per l'approvazione.

Gli scavi in sotterraneo dovranno rispettare il programma dei lavori, approvato dalla Direzione Lavori, dove l'Appaltatore dovrà tenere conto anche delle interruzioni dei cicli di lavoro e dei fermi di cantiere.

L'Appaltatore, sulla base delle indicazioni progettuali, dovrà attuare tutte le precauzioni, limitazioni, mezzi di sostegno provvisori, consolidamenti, attrezzature e modalità esecutive che si ritengano idonee al fine di non danneggiare le proprietà di terzi (immobili, acquedotti, elettrodotti, cavidotti, viadotti, altre opere in sotterraneo, etc.) che vengano ad essere interessate e/o sottopassate dai lavori stessi.

L'Appaltatore resta comunque responsabile di ogni eventuale danno che dovesse derivare a persone o a cose anche di terzi in dipendenza dell'inosservanza delle precauzioni e cautele di cui sopra e in nessun caso potrà addurre, a diminuzione della propria responsabilità, il fatto di non aver ricevuto ordine dalla Direzione Lavori.

Negli scavi eseguiti con l'impiego di esplosivo, si dovrà adottare il sistema a profilatura controllata, così da ottenere sezioni di scavo regolari e di ridurre al tempo stesso il disturbo ai materiali circostanti.

Pertanto, in funzione delle caratteristiche dei materiali attraversati, si dovrà definire la distribuzione e la profondità dei fori da mina, l'entità delle cariche di esplosivo ed il frazionamento dei tempi.

Dovrà essere predisposto a cura dell'Appaltatore un apposito monitoraggio per salvaguardare l'integrità dei manufatti esistenti in prossimità del cavo o di limitare le vibrazioni in manufatti adiacenti e/o sovrastanti il cavo stesso, l'Appaltatore, dovrà attuare, coordinandole con la DL, specifiche limitazioni nell'impiego di esplosivi. L'impiego di esplosivo non è comunque consentito nelle gallerie a doppio fornice ove uno dei due è già realizzato o sotto traffico.

Tali limitazioni possono essere così riassunte:

- ✓ scavo eseguito solo con l'impiego di microcariche ritardate, mediante volate ad abbattimento controllato;

- ✓ scavo eseguito solo con l'impiego di mezzi meccanici, compreso la fresa ad attacco puntuale, o con altri mezzi speciali, ma con assoluto divieto dell'uso di esplosivi.

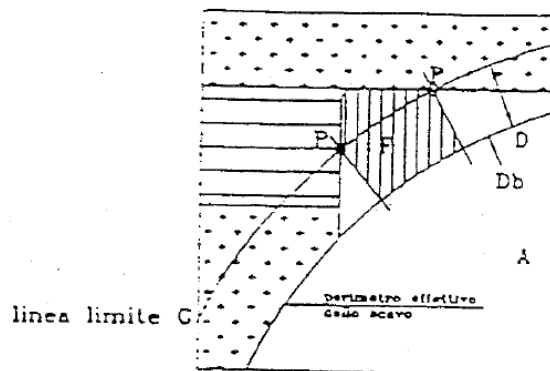
Nell'ordinario avanzamento con l'impiego di esplosivi, subito dopo ogni volata le pareti dello scavo saranno disgiunte con la massima cura e ciò sia in prossimità del fronte di scavo che a distanza da esso.

Qualora, anche per motivi indipendenti dalla volontà dell'Appaltatore, la sezione di scavo risultasse inferiore a quella di progetto, l'Appaltatore dovrà riprendere lo scavo a sua cura e spese con fori e cariche di esplosivo rapportate all'ottenimento della sezione di progetto o con qualsiasi altro mezzo ritenuto idoneo.

Il fuori-sagoma massimo consentito non dovrà comunque eccedere quello indicato nello schema di figura, valido nel caso di metodo di scavo tradizionale con esplosivo o con mezzi meccanici, anche in presenza di materiale sciolto.

La distanza  $D$  tra il perimetro teorico di uno scavo definito in progetto e la linea limite  $G$  oltre la quale non può estendersi il perimetro effettivo dello scavo sarà definita dalle seguenti formule:

- ✓ Avanzamento con esplosivo  
 $D = 0.07 \sqrt{A}$ , con valore limite  $D_{max}$  non superiore a 0.4 m
- ✓ Avanzamento con fresa meccanica ad attacco puntuale  
 $D = 0.05 \sqrt{A}$ , con valore limite  $D_{max}$  non superiore a 0.4 m
- ✓ Avanzamento con materiale sciolto  
 $D = 0.07 \sqrt{A}$ , con valore limite  $D_{max}$  non superiore a 0.4 m



**Fig. 8.1 – Fuori sagoma massimo consentito (SIA, 1993, modificato)**

Essendo:

- ✓ A: superficie teorica dello scavo individuata dall'intero perimetro teorico;
- ✓ D: distanza tra il perimetro teorico dello scavo e la linea limite G;
- ✓ Db: diametro di perforazione utensili usurati;
- ✓ F: superficie considerata per la remunerazione del sovraprofilo geologico;
- ✓ P: punto di intersezione della linea limite G con il perimetro effettivo dello scavo.

L'arco-rovescio dovrà essere realizzato secondo le indicazioni e le distanze dal fronte indicate nel progetto definitivo.

In presenza di venute di acqua, compresi gli stillicidi, l'Appaltatore è tenuta ad eseguire prelievi ed analisi sistematiche, anche ripetute nel tempo, al fine di accertare l'eventuale aggressività delle acque stesse.

In presenza di acque aggressive e/o inquinanti, l'Appaltatore dovrà predisporre i trattamenti previsti a Norma delle vigenti leggi in materia.

Le acque che si raccolgono negli scavi in galleria, anche se provenienti da lavorazioni di cantiere, e per qualsiasi volume, dovranno essere allontanate con opportuni mezzi, sicuri ed idonei, a cura e spese dell'Appaltatore, senza che ne derivi alcun intralcio al normale svolgimento e nessun danno alle opere in costruzione.

Si dovrà evitare la formazione di ristagni d'acqua, di qualunque provenienza, sul piano di scavo, ed in particolare nelle zone di appoggio del rivestimento provvisorio o del rivestimento definitivo, per prevenire eventuali fenomeni di rammollimento o degradazione dei materiali costituenti il suddetto piano d'appoggio e non innescare instabilità degli scavi e/o cedimenti delle strutture.

Per i sollevamenti meccanici l'Appaltatore dovrà predisporre adeguate riserve di attrezzature e forza motrice, in modo che, in qualsiasi eventualità, il servizio non subisca alcuna interruzione.

Le acque di infiltrazione e le sorgenti incontrate nella escavazione delle gallerie dovranno essere convogliate, attraverso appositi collettori, fino ai recapiti previsti in progetto o prescritti dalla DL.

Per le acque di infiltrazione da piedritti e calotta in galleria, l'Appaltatore, a sua cura e spesa, dovrà provvedere alla captazione ed al convogliamento a tergo delle murature di rivestimento e dell'impermeabilizzazione, fino ai collettori.

Quando la DL lo riterrà opportuno, allo scopo di agevolare la captazione e lo scolo di eventuali acque d'infiltrazione, potrà ordinare l'esecuzione del rivestimento per campioni, lasciando intervalli da rivestire in un secondo tempo.

L'Appaltatore è tenuto a segnalare tempestivamente ogni venuta d'acqua di qualsiasi portata, che si manifestasse in galleria ed a prelevarne i campioni su cui verranno, a cura e spesa dell'Appaltatore, e sotto il controllo della DL, eseguite le analisi del caso.

I provvedimenti da adottare dovranno essere effettuati tenendo conto sia delle precedenti analisi sia della situazione idrogeologica della zona interessata dagli scavi, con particolare riguardo alla permeabilità "in grande" dell'ammasso e alle possibili modifiche dei flussi idrici sotterranei conseguenti alla costruzione della galleria.

Per quanto riguarda lo scavo con TBM, esso potrà essere eseguito in progressione continua o per fasi successive. Dovrà essere comunque garantito che la tratta scavata non sia superiore alla lunghezza dello scudo sotto il quale verrà posto in opera l'anello prefabbricato del rivestimento di sicurezza. In caso di utilizzo di TBM scudata o doppio scudata la fresa adottata deve permettere la posa in opera del rivestimento in conci prefabbricati al riparo dello scudo metallico, in modo da poterli rendere attivi entro una breve distanza dalla testa di perforazione.

Il diametro di scavo minimo è di m 5.40 m.

Nella voce di scavo con TBM sono incluse le limitazioni sulla produzione derivanti dallo scavo in contemporanea di più gallerie trasversali.

L'imprecisione massima ammissibile dello scavo, sia per la deformazione del profilo dell'ammasso roccioso, sia per le fasi esecutive, rispetto all'asse teorico di picchettaggio è di cm 20 (2 x 10 cm se riferita al diametro di scavo). Inoltre, bisognerà verificare che il diametro di scavo sia tale da permettere che l'anello di rivestimento posto in opera abbia una tolleranza tale da ottenere che nessun oggetto fisso ingombri la sezione all'interno di un cerchio di diametro di 4,2m (diametro utile).

La polvere di risulta delle lavorazioni di scavo dovrà essere eliminata nel punto di produzione mediante appositi depolverizzatori.

L'accesso alla galleria di persone non direttamente interessate alle lavorazioni è vietato.

Dovranno essere adottate misure appropriate a prevenire e combattere eventuali incendi nella zona di lavoro.

Tutto il personale dovrà essere equipaggiato degli indumenti e delle protezioni necessarie in funzione delle operazioni a cui risulta addetto. All'interno del back-up dovrà essere presente un locale opportunamente attrezzato con sistemi di protezione contro l'eventuale, seppur estremamente improbabile, presenza di minerali dannosi alla salute.

I sovrappessori derivanti da condizioni geologiche, i rilasci locali, nonché eventuali franamenti, non verranno riconosciuti contabilmente dalla D.L. essendo stati considerati, pro quota, nella formazione del prezzo unitario a metro lineare.

Lo scavo della camera di collegamento dovrà essere eseguito secondo gli schemi geometrici e le fasi riportate nei disegni di progetto. L'impresa potrà proporre delle varianti esecutive purché non alterino la funzionalità prevista, non rechino problemi di interferenza di qualsiasi tipo alla galleria in esercizio e garantiscono sia la forma ed il profilo previsto nel progetto definitivo sia la stabilità della sezione di galleria principale non interessata dallo scavo per almeno le distanze riportate nei documenti tecnici del progetto.

Si precisa che le variazioni di programma dei lavori in sotterraneo, che la Direzione dei Lavori dovesse disporre a suo insindacabile giudizio, prima dell'inizio dei lavori od in corso di essi in relazione alle particolari condizioni geologiche dei terreni interessati dai lavori medesimi, non implicano responsabilità alcuna da parte della D.L., restando l'Impresa, come già detto, la sola responsabile, sotto tutti i riguardi dell'esecuzione dei lavori e dell'avanzamento degli stessi secondo il programma già approvato dalla D.L..

Nell'esecuzione dei lavori in sotterraneo l'Impresa dovrà, se necessario, adottare tutte le precauzioni, compresa la limitazione dell'impiego dell'esplosivo, mezzi e modalità esecutivi ritenuti idonei al fine di non danneggiare le proprietà di terzi (immobili, gallerie o viadotti ferroviari o stradali, acquedotti, elettrodotti, ecc.) interessate dai lavori di cui trattasi; ogni onere conseguente è da ritenersi a carico dell'impresa.

Il tutto comunque deve essere rigorosamente in linea con le procedure di avanzamento riportate nei documenti tecnici di progetto.

L'Impresa non potrà ritenersi esonerata da responsabilità per il fatto, eventuale, di non aver ricevuto disposizioni in proposito dalla D.L.

Le armature provvisoriale per il sostegno della superficie di scavo in sotterraneo nei tratti scavati in tradizionale devono essere adeguate di volta in volta ai terreni in cui vengono eseguiti i lavori, in modo da garantire il loro regolare andamento e la incolumità del personale che vi è addetto in accordo a quanto riportato precedentemente.

Le armature stesse saranno eseguite dall'Impresa con il materiale che essa riterrà più idoneo (ferro o legname) e con le dimensioni richieste dalle singole circostanze, con propri criteri e sotto la propria diretta responsabilità.

Particolari cure ed accorgimenti dovranno essere adottati dalla Impresa nelle fasi dello scavo e di rivestimento in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie, soprattutto per salvaguardare l'incolumità degli operai.

Le armature provvisoriale dovranno comunque consentire la realizzazione della struttura definitiva del rivestimento in conformità alle indicazioni di progetto a diretto contatto con la superficie di scavo.

In tutte le fasi di lavorazione, incluse quelle nelle quali è prevista la contemporaneità di più fronti di scavo, a cura e spese dell'Impresa dovranno essere predisposti idonei impianti per assicurare una efficiente ventilazione della galleria nel rispetto delle norme vigenti per la sicurezza e l'igiene dei lavori in sotterraneo di cui al richiamato D.P.R. n. 320 del 20 marzo 1956 ed al D.Lgs. 81/08.

#### **8.2.3.1 Scavo in presenza di protesi superficiale**

Quando previsto in progetto, lo scavo a foro cieco avverrà previa realizzazione di protesi in calotta, di spessore definito e costituita da terreno stabilizzato con calce-cemento compattato. A tale scopo dovrà essere effettuato lo sbancamento secondo la sagoma di progetto e realizzato uno strato inferiore di spritz-beton a protezione dei successivi scavi in sotterraneo. Verrà quindi realizzato un setto laterale di terreno consolidato con jet-grouting. Si procederà poi con le fasi di scavo a foro cieco secondo le indicazioni di progetto.

#### ***Scavo in tradizionale***

Si intende lo scavo della discenderia e della camera di collegamento e di tutti i tratti di galleria il cui scavo non è espressamente previsto con l'ausilio di una TBM.

Lo scavo della discenderia viene eseguito con lavorazioni di tipo "ordinario" differenziato a seconda della caratteristica geomeccanica dell'ammasso.

Si fa presente che lo spritz-beton interno alle gallerie deve essere computato sullo spessore medio di progetto anche nel caso in cui si voglia ricorrere all'uso dello spritz beton per appianare eventuali grottamenti o fuori sagoma.

Le specifiche relative a questa lavorazione sono quelle riportate negli articoli relativi agli scavi all'aperto.

### Scavo tradizionale all'esplosivo

Per le Norme Tecniche e di esecuzione degli scavi all'esplosivo ci si riferisca, a quanto riportato nel precedente paragrafo.

### Scavo con mezzi meccanici

In accordo con quanto indicato sugli elaborati grafici di progetto lo scavo potrà essere eseguito esclusivamente con impiego di mezzi meccanici di tipo ATEX (escavatori, martelloni demolitori, ecc.), con assoluto divieto d'impiego di mine.

L'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione Lavori tutta la documentazione riguardante le specifiche tecniche delle attrezzature di scavo impiegate: potenza degli escavatori, energia dei martelloni, certificazione CE dei macchinari, attestazioni di eventuali allestimenti speciali del macchinario (antideflagrante, ecc.).

Nel caso la sezione tipo di scavo preveda l'esecuzione di interventi di precontenimento, preconsolidamento, presostegno, per ogni campo di avanzamento, prima dell'esecuzione dell'intervento, il fronte, sagomato a forma concava, dovrà essere rivestito con uno spessore di calcestruzzo proiettato se indicato negli elaborati grafici. La realizzazione delle murette e dell'arco rovescio per il completamento della struttura anulare resistente dovrà seguire il fronte di scavo secondo le distanze previste dal progetto od ordinate dalla Direzione Lavori.

### Scavo con frese puntuali

In tutti quei casi in cui le dimensioni dello scavo della galleria sono contenute, l'Appaltatore potrà ricorrere a frese puntuali o attrezzature fresanti montate su escavatori, di tipo ATEX. Tali attrezzature potranno essere altresì munite di un sistema autocaricante per lo smarino, che verrà convogliato a tergo del macchinario stesso tramite nastro e direttamente caricato su autocarro. Le frese puntuali compatte potranno essere utilizzate su materiali aventi una resistenza alla compressione monoassiale compresa fra 50 MPa e 120 MPa, a seconda della tipologia, e ben si impiegano in terreni duri e abrasivi, garantendo al tempo stesso un'ottima profilatura della galleria, in particolare con sezioni a ferro di cavallo.

Il peso dell'escavatore dovrà essere proporzionato alla potenza della testa fresante montata. Le frese puntuali dovranno essere preferibilmente munite di motori elettrici, con potenze installate tali da soddisfare le produzioni previste dal progetto.

### Scavo con filo diamantato

In prossimità delle strutture esistenti, in modo da evitare l'impatto dello scavo con esplosivo su di esse, si dovrà procedere applicando la tecnologia di taglio con filo diamantato.

La sezione di avanzamento dovrà essere delimitata da taglio con filo diamantato. Il filo diamantato dovrà essere inserito in appositi fori di perforazione ubicati ai quattro angoli della sezione di scavo e successivamente sarà movimentato elettricamente da apposite pulegge di scorrimento, in modo da ottenere la completa delimitazione del volume di ammasso previsto.



Una volta delimitata la sezione di scavo, il diaframma isolato dal taglio con filo diamantato dovrà essere rimosso, previa demolizione, ad esempio, con martello demolitore.

In ogni caso, prima dell'esecuzione del taglio con filo diamantato e della demolizione del diaframma risultante, l'Appaltatore dovrà provvedere alla messa in sicurezza della struttura esistente.

### **8.2.3.2 Scavo meccanizzato con fresa (TBM)**

Per galleria scavata con fresa (TBM) si intende il tratto di galleria di derivazione, con diametro di scavo da 5,4 m, da realizzare dal piazzale di imbocco (lato Sud), le cui operazioni di scavo avverranno con l'ausilio di una fresa a piena sezione (TBM-Tunnel Boring Machine) e del suo "back-up" di supporto.

Per superare in sicurezza i tratti caratterizzati da problematiche di carattere geotecnico ed idrologico, si è ritenuto, dunque, opportuno utilizzare una TBM di tipo EPB (*Earth Pressure Balance Tunnel Boring Machines*). Il principio operativo delle macchine a "pressione di terra bilanciata" (EPB) si basa sull'utilizzo dello stesso terreno scavato quale mezzo per il sostegno del fronte, mentre la testa rotante porta-utensili svolge unicamente una funzione di mezzo per lo scavo.

Le caratteristiche tecniche minimali della TBM nonché le sue potenzialità minimali sono quelle riportate nei documenti di Progetto Definitivo con riferimento particolare al "DOC.GN.14.05, Specifiche tecniche della TBM e del back-up" e dovranno comunque rispettare le seguenti indicazioni:

- Potenza elettrica totale: 1200 kW
- Forza di spinta nominale: 42000 kN (valori minimi)
- Forza di spinta massima: 69000 kN (valori minimi)

Tali caratteristiche dovranno essere riproposte nel Progetto Esecutivo.

Il compenso sarà valutato a corpo fisso e non revisionabile ed include tutte le forniture, prestazioni, lavorazioni ed oneri comunque necessari per dare i lavori eseguiti a perfetta regola d'arte, in ottemperanza a quanto riportato sugli elaborati del progetto Definitivo e successivo sviluppo da parte dell'Impresa del Progetto Esecutivo, alle specifiche riportate nel Disciplinare Prestazionale ed in tutti i documenti tecnici connessi al progetto in essere e da redigere, dello scavo della galleria nel tratto previsto con fresa.

A titolo esemplificativo ma non esaustivo, i documenti di riferimento sul quale sviluppare il Progetto Esecutivo e la costruzione della galleria scavata con TBM, sono i seguenti:

- ✓ TAV.GN.4.01 Sezione Funzionale - pk 0+000 - pk 7+258
- ✓ TAV.GN.4.02 Sezione Funzionale - pk 7+258 - pk 7+542
- ✓ TAV.GN.4.03 Profilo di rischio per lo scavo meccanizzato e scelta della macchina
- ✓ TAV.GN.4.04 Schema esplicativo di metodo e procedura di analisi TBM
- ✓ TAV.GN.4.05 Parametri di performance TBM - Profili
- ✓ TAV.GN.4.07 Break-through della TBM

- ✓ TAV.GN.4.08 Conci - Configurazione anello e possibili posizioni
- ✓ TAV.GN.4.09 Conci - Carpenteria
- ✓ TAV.GN.4.10 Conci - Dettagli
- ✓ TAV.GN.4.11 Conci – Armatura
- ✓ DOC.GN.14.03 Analisi di rischio per la scelta della macchina, produzioni e parametri di scavo
- ✓ DOC.GN.14.04 Organizzazione, mezzi e materiali per lo scavo con TBM
- ✓ DOC.GN.14.05 Specifiche tecniche della TBM e del back-up
- ✓ DOC.GN.14.06 Metodi di scavo con TBM EPB
- ✓ DOC.GN.14.07 Procedure di manutenzione della TBM
- ✓ DOC.GN.14.08 Procedure d'emergenza per lo scavo con TBM EPB
- ✓ DOC.GN.14.09 Dispositivi e metodo di break-through della TBM
- ✓ DOC.GN.14.10 Relazione di calcolo - Conci prefabbricati
- ✓ DOC.GN.14.12 Relazione di calcolo - Effetti indotti dallo scavo con TBM

A questi elaborati si aggiungono le tavole sulle zone di cantiere esterne, i portali, i tratti in galleria artificiale, le installazioni sulle aree di cantiere ecc.

Fanno parte dei riferimenti anche tutti gli altri elaborati non espressamente citati sopra ma dove sono riportati particolari che in qualche modo possono influenzare la costruzione della galleria scavata con fresa.

Lo scavo deve avvenire, con fresa doppio scudata del diametro minimo di 5.40 m aventi le caratteristiche specificate nella citata relazione, a partire da una camera di montaggio realizzata in tradizionale.

L'utilizzo di una TBM doppio scudata previsto nel P.D. è da intendersi come una indicazione di riferimento. È possibile l'utilizzo di attrezzature per lo scavo meccanizzato di tipo diverso purché associabili ad una tecnologia di tipo TBM ovvero che permettano cavo circolare a piena sezione. In questo caso gli oneri derivanti dalle lavorazioni aggiuntive per l'ottenimento della sagoma prevista in progetto nonché quelli necessari alla messa in sicurezza del cavo prima della posa dell'anello prefabbricato, saranno completamente a carico dell'impresa. Inoltre, l'utilizzo di attrezzature diverse da quelle indicate non deve essere oggetto di aumento dei tempi di realizzazione dell'opera, né di costi aggiuntivi.

In ogni caso, il Progetto Esecutivo dovrà riportare apposito paragrafo giustificativo dell'utilizzo dell'attrezzatura prescelta.

La responsabilità della scelta è da ritenersi completamente a carico dell'impresa.

Nel costo dello scavo è compresa anche la movimentazione dei pezzi costituenti la TBM fino al pozzo di collegamento.

Tutte le lavorazioni saranno riferite al diametro di scavo di progetto di 5,40 m, inclusi gli intasamenti con malta, boiaccia e ghiaio monogranulare o argilla espansa o materiale deformabile.

Il compenso comprende l'esecuzione delle seguenti lavorazioni:

- ✓ scavo della galleria, e posa in opera del rivestimento prefabbricato e di tutti gli accessori necessari per ottenere la sezione tipo di progetto; esclusa la

fornitura a piè d'opera del rivestimento prefabbricato, che verrà computato con apposita voce;

- ✓ il montaggio della fresa all'interno della camera di montaggio in galleria;
- ✓ lo smontaggio e la smobilitazione della fresa che avverrà in galleria all'interno della camera di smontaggio;
- ✓ la mobilitazione, l'organizzazione e la smobilitazione del cantiere connesso alla TBM.

### ***Categorie di comportamento delle gallerie***

Per le gallerie a foro cieco si individuano 3 Categorie di comportamento fondamentali, definite a partire dal comportamento tenso-deformativo del fronte di scavo che verrà rilevato durante la costruzione dell'opera tramite l'attività di monitoraggio definita in fase progettuale:

- ✓ Categoria A: comportamento a fronte stabile;
- ✓ Categoria B: comportamento a fronte stabile a breve termine;
- ✓ Categoria C: comportamento a fronte instabile.

#### **Categoria A**

La Categoria A è identificabile quando lo stato di coazione nel terreno al fronte ed al contorno del cavo non supera le caratteristiche di resistenza del mezzo. L'"effetto arco" si forma tanto più vicino al profilo di scavo quanto più questo è aderente al profilo teorico. I fenomeni deformativi evolvono in campo elastico, sono immediati e di ordine centimetrico.

Il fronte di scavo è globalmente stabile. Si possono verificare solo instabilità locali riconducibili al distacco gravitativo di blocchi isolati da uno sfavorevole assetto strutturale dell'ammasso roccioso; in questo contesto, infatti, gioca un ruolo fondamentale l'anisotropia tensionale e deformativa del terreno.

L'eventuale presenza di acqua, anche in regime idrodinamico, non influenza la stabilità della galleria, a meno che non si tratti di terreni alterabili o che gradienti idraulici troppo intensi non provochino un dilavamento tale da abbattere la resistenza al taglio lungo i piani di discontinuità.

Gli interventi di stabilizzazione sono per lo più volti ad impedire la sfioritura del terreno ed al mantenimento del profilo di scavo, essi possono comprendere:

- ✓ rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio proiettato armato;
- ✓ impiego di bulloni radiali d'ancoraggio;
- ✓ impiego di centine metalliche localmente;
- ✓ getto dell'arco rovescio.
- ✓ impermeabilizzazione;
- ✓ rivestimento definitivo in conglomerato cementizio.

#### **Categoria B**

La Categoria B è identificabile quando lo stato di coazione nel terreno al fronte ed al contorno del cavo, durante l'avanzamento, è tale da superare la capacità di resistenza in campo elastico del mezzo.

L'"effetto arco" non si realizza immediatamente al contorno del cavo, bensì ad una distanza che dipende dalla potenza della fascia dove il terreno subisce il fenomeno della plasticizzazione.

I fenomeni deformativi evolvono in campo elastoplastico, sono differiti e di ordine decimetrico.

Il fronte alle normali cadenze di avanzamento è stabile a breve termine e la sua stabilità migliora o peggiora aumentando o diminuendo la velocità di avanzamento. Le deformazioni del nucleo sotto forma di estrusioni non condizionano la stabilità della galleria, perché il terreno è ancora in grado di mobilitare una sufficiente resistenza residua.

I fenomeni d'instabilità, sotto forma di splaccaggi diffusi sul fronte ed al contorno del cavo lasciano il tempo di operare dopo il passaggio del fronte con interventi di stabilizzazione tradizionali di contenimento radiale. In talune circostanze può essere necessario ricorrere anche ad azioni di precontenimento del cavo, bilanciando gli interventi di stabilizzazione tra il fronte ed il cavo in modo da contenere i fenomeni deformativi in limiti accettabili.

La presenza di acqua, specie se in regime idrodinamico, riducendo la capacità di resistenza al taglio del terreno, favorisce l'estendersi della plasticizzazione ed accresce quindi l'importanza dei fenomeni d'instabilità. È necessario, perciò, prevenirla soprattutto nella zona del fronte, deviandone i percorsi all'esterno del nucleo.

Gli interventi di stabilizzazione possono comprendere:

- ✓ rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio proiettato armato;
- ✓ impiego di centine metalliche;
- ✓ esecuzione di interventi di precontenimento al contorno del cavo
- ✓ eventuale esecuzione di drenaggi e di interventi di precontenimento al fronte
- ✓ getto dell'arco rovescio per il completamento della struttura anulare resistente, che deve essere realizzato entro la massima distanza dal fronte d'avanzamento come indicato in progetto;
- ✓ impermeabilizzazione;
- ✓ rivestimento definitivo in conglomerato cementizio di piedritti e calotta;

### Categoria C

La Categoria C è identificabile quando lo stato di coazione nel terreno supera sensibilmente la capacità di resistenza dello stesso anche nella zona del fronte d'avanzamento. L'"effetto arco" non può formarsi né al fronte né al contorno del cavo poiché il terreno non possiede sufficiente resistenza residua. I fenomeni deformativi sono inaccettabili perché evolvono immediatamente in campo di rottura dando luogo a gravi manifestazioni d'instabilità, quali il crollo del fronte ed il collasso della cavità, senza lasciare il tempo di operare con interventi di contenimento radiale: occorrono interventi

di preconsolidamento lanciati a monte del fronte di avanzamento che sviluppino un'azione di precontenimento capace di creare effetti arco artificiali.

La presenza di acqua in regime idrostatico, se non tenuta in debito conto, riducendo ulteriormente la capacità di resistenza al taglio del terreno, favorisce l'estendersi della plasticizzazione ed accresce, in definitiva, l'entità dei fenomeni deformativi. La stessa, in regime idrodinamico, si traduce in fenomeni di trascinamento di materiale e di sifonamento assolutamente inaccettabili. È dunque necessario prevenirla, soprattutto nella zona del fronte, deviandone i percorsi all'esterno del nucleo.

Gli interventi di stabilizzazione possono comprendere:

- ✓ esecuzione di interventi di precontenimento del fronte di scavo e del contorno del cavo
- ✓ rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio proiettato armato;
- ✓ impiego di centine metalliche;
- ✓ eventuale esecuzione di drenaggi
- ✓ getto dell'arco rovescio per il completamento della struttura anulare resistente, che deve essere realizzato entro la massima distanza dal fronte d'avanzamento pari a una volta e mezzo il diametro della galleria;
- ✓ impermeabilizzazione;
- ✓ rivestimento definitivo in conglomerato cementizio di piedritti e calotta.

#### **8.2.4 Centine metalliche, reti di acciaio a maglie elettrosaldate, scalette di rinforzo**

Le centine metalliche, le reti di acciaio a maglie elettrosaldate e le scalette di rinforzo da lasciare annegate nel conglomerato cementizio, dovranno avere caratteristiche dimensionali, sagoma ed interasse conformi alle sezioni tipo del progetto definitivo previste per le varie tratte.

Le centine metalliche saranno sagomate e collegate nei punti di giunzione tramite piastre saldate e bullonate, nonché dotate di elementi di unione, distanziatori, piastre di base, collegamenti e quanto altro occorrente per assicurare una perfetta continuità strutturale delle centine stesse.

Particolarmente curato sarà il dimensionamento dell'eventuale piastra di appoggio al piede, l'allettamento e la stabilità della superficie di appoggio, e la messa in contatto della centina con la superficie di scavo.

Eventuali vuoti presenti a tergo delle centine dovranno essere riempiti con conglomerato cementizio spruzzato o con idonei spessori, cunei od altri accorgimenti opportuni al fine di garantire la completa aderenza con la superficie di scavo delle centine.

Tutte queste lavorazioni saranno a cura e spese dell'Appaltatore.

In senso longitudinale, le centine saranno collegate tra loro mediante catene, realizzate mediante tondino di acciaio opportunamente sagomato. Le catene dovranno essere estese a tutto il contorno delle centine e ad esse collegate mediante opportuni accorgimenti o saldature, così come indicato nei disegni di progetto.

Quando le centine metalliche sottendono l'armatura tronco-conica costituita dagli interventi di consolidamento lanciati in avanzamento, quali infilaggi, jet-grouting ed altri

interventi di consolidamento analoghi, queste dovendo essere messe a contatto con essi dovranno essere calandrate a profilo variabile, sia pure per gruppi, per assicurare una buona trasmissione dei carichi.

Le centine realizzate mediante l'impiego di profilati a doppio t, dovranno risultare all'esterno dell'estradosso di progetto del rivestimento definitivo.

Ove la geometria dello scavo lo consentisse, le reti elettrosaldate potranno essere presagomate ed opportunamente autoancorate alle centine.

I profilati costituenti le centine metalliche dovranno essere in acciaio Fe 430 o superiore, i bulloni dovranno essere di classe non inferiore alla 8.8 – UNI 3740-74 e la lamiera sarà in acciaio di qualità non inferiore al tipo Fe 430, UNI 7070/82. Le catene saranno in acciaio di qualità non inferiore al tipo FeB 32 K. Le reti di acciaio a maglie elettrosaldate saranno del tipo FeB 44 K controllato.

### **8.2.5 Ancoraggi**

Con il termine "ancoraggi" si intendono tutte le tecnologie esecutive atte al sostegno o alla protezione di gallerie, camere di deposito o altro, realizzato successivamente allo scavo, sia esso parziale o totale, ed ottenuto tramite armature che si estendono nei terreni e nelle rocce a tergo della sezione di scavo.

Indipendentemente dal tipo di ancoraggio, che può essere di tipo provvisorio o permanente, si distinguono le seguenti tipologie principali di ancoraggio:

- ✓ Tiranti d'ancoraggio presolleccitati
- ✓ Bulloni d'ancoraggio
- ✓ Tiranti ancoraggio presolleccitati
- ✓ Bulloni ad aderenza continua in barre d'acciaio
- ✓ Bulloni ad espansione meccanica con tubo di acciaio sagomato ad omega
- ✓ Bulloni ad espansione meccanica con barra di acciaio e testa di ancoraggio espandibile
- ✓ Bulloni costituiti da lamiere, barre o profilati infissi a pressione

#### Tiranti d'ancoraggio presolleccitati

Sono caratterizzati dalla presenza di una o più guaine per la protezione dell'armatura dalla corrosione.

#### Bulloni d'ancoraggio

Sono caratterizzati dall'assenza di guaine, da una lunghezza generalmente non superiore a 12 m, e possono essere convenzionalmente suddivisi in:

- ✓ bulloni ad aderenza continua in barre d'acciaio;
- ✓ bulloni ad espansione meccanica con tubo di acciaio sagomato ad "omega";
- ✓ bulloni ad espansione meccanica con barra di acciaio e testa di ancoraggio espandibile;
- ✓ bulloni costituiti da lamiere, barre o profilati infissi a pressione senza

perforazione preventiva.

Le perforazioni per gli ancoraggi, comunque inclinate ed in materiali di qualsiasi natura, durezza e consistenza, anche in presenza d'acqua di qualsiasi entità e pressione, saranno eseguite all'esterno ovvero all'interno di gallerie e cunicoli tramite sonde a rotazione o rotopercolazione.

Qualora le caratteristiche dei terreni o la presenza dell'acqua lo richiedesse, il foro potrà essere sostenuto mediante idonee tubazioni durante la perforazione e nelle fasi successive.

Prima di procedere alle iniezioni, l'Appaltatore dovrà eseguire una accurata pulizia del foro con getto d'aria a pressione e il lavaggio con getto d'acqua a pressione.

Indipendentemente dal tipo di ancoraggio, il tipo di miscela da iniettare in ciascun foro sarà definito dall'Appaltatore e concordato con la Direzione Lavori. La miscela dovrà essere preparata mediante adatto mescolatore meccanico.

Le iniezioni saranno eseguite alla pressione predeterminata in fase di progetto o qualificazione e concordata con la Direzione Lavori, tramite l'impiego di macchinari atti a raggiungere gradualmente una pressione di almeno 800 kPa.

In ogni caso durante l'iniezione si dovrà aumentare gradualmente il valore della pressione fino a raggiungere il valore predeterminato.

Qualora gli ancoraggi operino in terreni interessati dalla presenza di acque aggressive nei confronti dei cementi o dell'acciaio, gli ancoraggi saranno costituiti da materiali mutualmente compatibili, da un punto di vista elettrochimico, con le parti meccaniche dell'ancoraggio.

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 chimica.

Le seguenti attività sono da considerare comprese nella realizzazione degli ancoraggi:

- ✓ le guaine, i tubi di iniezione e di sfiato, i dispositivi di bloccaggio e di fissaggio, i distanziatori, le piastre ripartitrici e di ancoraggio con i relativi accessori quali bulloni e rosette;
- ✓ il serraggio, la tesatura ed il collaudo, nonché quant'altro occorrente per la perfetta messa in esercizio degli ancoraggi.

#### Tiranti ancoraggio presollecitati

I tiranti presollecitati saranno costituiti da trefoli, trecce, fili o barre di acciaio armonico, e saranno atti a sopportare una forza di utilizzazione in esercizio non inferiore a 300 KN.

Tutti i tiranti saranno posti in opera completi di tubi di iniezione e sfiato, guaine, tamponi, giunzioni, distanziatori e dispositivi di bloccaggio, e di tutti gli accessori occorrenti per la perfetta messa in esercizio del tirante.

La tesatura ed i controlli dei tiranti avverranno secondo le modalità e le fasi proposte dall'Appaltatore e concordate con la Direzione Lavori.

I materiali avranno le seguenti caratteristiche:

- ✓ L'acciaio armonico stabilizzato possiederà le caratteristiche fissate per i

corrispondenti acciai da impiegare per le strutture in cemento armato precompresso.

- ✓ Le caratteristiche del cemento saranno determinate in conformità al D.M 3.6.1968 e successivi aggiornamenti.

Saranno utilizzati solo cementi con contenuto totale di cloro inferiore allo 0.05% del peso del cemento e contenuto totale di zolfo (da solfuri S--) inferiore allo 0.15% del peso del cemento, al fine di evitare pericolo di corrosione sotto tensione.

#### Bulloni ad aderenza continua in barre d'acciaio

I bulloni ad aderenza continua saranno realizzati mediante barre in acciaio aventi diametro non inferiore a 32 mm. La cementazione del bullone sarà effettuata mediante iniezioni di boiaccia di cemento antiritiro ovvero con fialoidi di resina epossidica, con tutti gli accorgimenti e i materiali necessari per assicurare il completo riempimento dei fori e l'aderenza del bullone al terreno per tutta la sua lunghezza.

La piastra di ancoraggio in acciaio avrà dimensioni non inferiori a 300x300x10 mm.

I materiali avranno le seguenti caratteristiche:

- ✓ le barre in acciaio saranno del tipo FeB44K controllato in stabilimento;
- ✓ le piastre saranno di qualità non inferiore al tipo Fe 430;
- ✓ la composizione della miscela sarà definita dall'Appaltatore e concordata con la Direzione Lavori sulla base delle prescrizioni del progettista. Nel caso di impiego di cementi speciali o resine sintetiche, dovrà essere garantita l'assenza di ioni aggressivi e l'impiegabilità nel caso specifico.

#### Bulloni ad espansione meccanica con tubo di acciaio sagomato ad omega

I bulloni ad espansione meccanica con tubo di acciaio espandibile, preresinato e sagomato ad omega, saranno atti a sopportare una forza di utilizzazione in esercizio non inferiore a 10 ton.

La preresinatura sarà eseguita mediante immersione, dopo opportuna pulizia e sgrassatura, in una vernice gommosa monocomponente a base di bitume modificato (ciclizzato) e componenti attivi allo zinco. Il foro di alloggiamento del tubo avrà diametro opportuno per ottenere la massima resistenza allo sfilamento, e l'espansione del tubo avverrà tramite acqua iniettata ad una pressione pari ad almeno 30 MPa.

La piastra di ancoraggio in acciaio avrà dimensioni non inferiori a 150x150x10 mm. I materiali avranno le seguenti caratteristiche:

- ✓ I tubi espandibili presagomati ad omega dovranno avere caratteristiche minime:
  - spessore non inferiore a 2 mm;
  - diametro esterno in posizione ripiegata non inferiore a 25 mm, espandibile fino a 41 mm.
- ✓ L'acciaio del tubo avrà una tensione di snervamento non inferiore a 380N/mm<sup>2</sup> e un allungamento a rottura non inferiore al 35%.



#### Bulloni ad espansione meccanica con barra di acciaio e testa di ancoraggio espandibile

I bulloni ad espansione meccanica con testa di ancoraggio espandibile saranno realizzati con barre di acciaio aventi diametro non inferiore a 16 mm.

La piastra di ancoraggio in acciaio avrà dimensioni non inferiori a 150x150x6 mm.

Qualora fosse ritenuto necessario, l'intasamento del foro dovrà essere fatto con iniezioni di malte cementizie o altre miscele idonee. L'acciaio dovrà avere una tensione di snervamento non inferiore a  $380 \text{ N/mm}^2$  e allungamento a rottura non inferiore al 14%.

#### Bulloni costituiti da lamiere, barre o profilati infissi a pressione

Le lamiere, barre o profilati, di acciaio o di vetroresina, saranno infisse a pressione senza perforazione preventiva mediante spinta con macchinario idoneo. In particolare, il macchinario dovrà applicare una spinta continua all'elemento ed impedire lo svergolamento dello stesso, e sarà dotato di un sistema per la registrazione continua della spinta applicata per l'infissione.

I materiali avranno le seguenti caratteristiche:

- ✓ L'acciaio per barre sarà del tipo FeB44K controllato in stabilimento o superiore, quello per lamiere e profilati del tipo Fe 360 o superiore.
- ✓ I tubi in vetroresina avranno superficie esterna liscia o corrugata, diametro esterno non inferiore a 60 mm e spessore non inferiore a 10 mm.

La vetroresina dei tubi e dei profilati dovrà possedere le seguenti caratteristiche:

- ✓ peso dell'unità di volume non inferiore a  $1.9 \text{ g/cm}^3$ ;
- ✓ contenuto in fibre di vetro non inferiore al 60% del peso;
- ✓ resistenza a trazione non inferiore a  $950 \text{ N/mm}^2$ ;
- ✓ resistenza a taglio non inferiore a  $140 \text{ N/mm}^2$ .

Prima di procedere all'esecuzione degli ancoraggi, l'Appaltatore dovrà eseguire a sua cura una serie di "ancoraggi di prova" atti a dimostrare l'idoneità e la fattibilità delle modalità prescelte, nonché a verificare ed eventualmente modificare, il dimensionamento degli ancoraggi previsto dal progetto definitivo.

Tali ancoraggi non saranno utilizzabili per l'impiego successivo.

#### **Miscele cementizie**

Si dovrà aver cura di realizzare uno studio preliminare della miscela cementizia di iniezione che avverrà a cura dell'Appaltatore.

Dovrà essere effettuato con debito anticipo rispetto alla data di inizio dei lavori di consolidamento.

#### Preparazione dei provini e prove sulle miscele cementizie

Si dovranno eseguire, eventualmente in presenza della DL gli impasti di prova della miscela cementizia, secondo le indicazioni previste in progetto.

I risultati delle prove eseguite verranno riportati su una apposita relazione, dove verrà definita la composizione della miscela da utilizzare in fase esecutiva.

Su tale relazione si dovrà riportare:

- ✓ Elenco dei materiali impiegati, indicante provenienza, tipo, e qualità dei medesimi;
- ✓ Certificati dei materiali costituenti la miscela di impasto;
- ✓ Tipo e dosaggio del cemento;
- ✓ Rapporti acqua/cemento;
- ✓ Tipo e dosaggio degli eventuali additivi;
- ✓ Risultati delle prove preliminari di resistenza a compressione;
- ✓ Caratteristiche dell'impianto di confezionamento.

La documentazione dovrà essere fornita alla DL, che procederà all'eventuale approvazione. L'approvazione, tuttavia, non solleva l'Appaltatore dalle sue responsabilità in base alle Norme vigenti.

In sede di posa in opera si dovranno effettuare le seguenti attività:

- ✓ prelievo dei campioni, per l'esecuzione di prove di compressione a rottura, che a 48 h e  $20\text{ °C} \pm 1$ , dovrà risultare  $\geq 5$  Mpa; a 7 giorni, dovrà risultare  $\geq 15$  MPa e del peso specifico.
- ✓ Verifica della fluidità ad ogni impasto, che mediante il cono di Marsh dovrà essere compresa tra 10 – 30 sec.
- ✓ Essudazione, dovrà essere al massimo essere pari al 2% in volume.

### Resine

Le resine da impiegare negli ancoraggi con chiodi dovranno essere di marca conosciuta.

Il produttore dovrà fornire la seguente documentazione:

- ✓ Le istruzioni di dosaggio per le resine epossidiche,
- ✓ I tempi di polimerizzazione, con il campo di tolleranza, per le resine poliesteri,
- ✓ La certificazione di assenza di emissioni gassose durante i processi di polimerizzazione.

Dovrà inoltre fornire le certificazioni delle seguenti prove sul materiale:

- ✓ Misura di viscosità, da effettuarsi con il metodo ASTM D2393/72, con limite di accettabilità compreso tra 300 e 3000 cP a  $20\text{ °C}$
- ✓ Misura del tempo di gel, secondo prova ASTM D2471/71, da eseguirsi nelle condizioni ambientali di impiego della resina. In altre condizioni il tempo di gel potrà essere anche fornito dal produttore in altre condizioni operative, purchè determinato secondo le modalità di cui sopra.
- ✓ Misura della differenza di peso tra miscela fluida iniziale e miscela indurita, con il valore limite  $\geq 5\%$  del peso iniziale.
- ✓ Prove di resistenza a trazione delle resine indurite in aria ed in acqua su provini del tipo 2 indicati nella UNIPLAST 5819/66 (con spessore di 10 mm.).

- ✓ Tutta la documentazione precedentemente riportata dovrà essere fornita alla DL.

La DL si riserva la facoltà di far eseguire ulteriori prove di controllo dei materiali in esame. Tali prove sono a cura dell'Appaltatore.

### ***Prove di carico su ancoraggi***

Le prove di carico sugli ancoraggi si distinguono in:

- ✓ prove di carico a rottura;
- ✓ prove di carico di collaudo.

Le prove a rottura dovranno essere eseguite su ancoraggi non appartenenti alla struttura da ancorare, ma eseguiti nello stesso sito e con lo stesso sistema di perforazione e di iniezione.

Le prove di carico di collaudo dovranno, di norma essere effettuate su tutti gli ancoraggi attivi realizzati.

Ove previsto dal progetto o richiesto dalla Direzione Lavori, le prove a rottura potranno essere realizzate su "ancoraggi preliminari di prova".

Tali ancoraggi sono definiti preliminari in quanto in base al loro comportamento si procede al dimensionamento definitivo degli ancoraggi da eseguire e si determina la forza di esercizio  $N^{es}$ ; le prove eseguite saranno a base del progetto degli ancoraggi.

Gli ancoraggi preliminari di prova debbono essere in ogni caso realizzati dopo l'esecuzione di quelle operazioni (scavi, riporti, mutamenti nel regime idraulico del terreno) che possono influire sulla resistenza della fondazione dell'ancoraggio.

Le prove dovranno essere eseguite da personale specializzato e nel rispetto delle norme di sicurezza. Le apparecchiature da impiegare nella esecuzione delle prove dovranno essere tarate presso un Laboratorio Ufficiale. Gli allungamenti degli ancoraggi sottoposti a prova dovranno essere misurati con riferimento ad un punto fisso esterno alla zona in cui si risentono significativamente le azioni trasmesse dall'ancoraggio stesso. Si richiedono le seguenti precisioni minime:

- ✓ per gli allungamenti: 2% dell'allungamento teorico,
- ✓ per le forze applicate: 2% della forza limite ultima dell'ancoraggio con riferimento alla prevista aderenza limite bulbo-terreno.

Per ciascun ancoraggio sottoposto a prova di carico l'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione Lavori la relativa documentazione completa di tabelle e grafici.

In accordo con le raccomandazioni AICAP, si adotteranno le seguenti definizioni:

- ✓ As = area della sezione trasversale dell'armatura
- ✓ D = diametro convenzionale della fondazione
- ✓ Es = modulo di elasticità dell'acciaio
- ✓ N = forza nell'ancoraggio
- ✓ Ni = forza di tesatura
- ✓ Nes = forza di esercizio

- ✓ Nau = forza limite ultima dell'ancoraggio singolo con riferimento alla fondazione
- ✓ Nsu = forza ultima dell'ancoraggio singolo con riferimento all'armatura
- ✓ N'su = forza limite ultima, con riferimento all'armatura, del primo tirante di prova
- ✓ No = forza di allineamento
- ✓ Nr = forza al termine della fase di prova ad "allungamento costante"
- ✓ Nc = forza di collaudo

#### Prove di carico a rottura

Le prove di carico a rottura sono da realizzare su ancoraggi preliminari di prova, per ogni tipo di ancoraggio e per ogni tipo di terreno o sito.

#### Prove di rottura sui tiranti

Le prove di carico sui tiranti saranno di tre tipi, per ciascuno dei quali, sono previste differenti modalità.

La prova sul primo tirante ha lo scopo di determinare la tensione tangenziale limite convenzionale di aderenza tra la fondazione ed il terreno, per cui si prevede una armatura sovradimensionata, ove possibile, oppure una lunghezza di fondazione ridotta, rispetto ai tiranti da eseguire, in modo da raggiungere la forza limite ultima del bulbo, senza superare il limite convenzionale elastico dell'armatura.

Il secondo tirante, dimensionato sulla scorta dei dati ricavati dal primo, ha lo scopo di determinare la forza limite ultima della fondazione Nau, ed è, pertanto, uguale ai tiranti da eseguire, ma è dotato della massima armatura compatibile con il diametro di perforazione previsto.

Il terzo tirante ha lo scopo, oltre che di confermare i risultati del secondo, di verificare la forza teorica di utilizzazione Nes, di controllare il comportamento nel tempo e di stabilire i criteri di accettazione per il collaudo dei tiranti da eseguire. Qualora i risultati ottenuti con il terzo tirante non confermassero le valutazioni tratte dal secondo, dovranno essere realizzati altri tiranti di prova; questi ulteriori tiranti sono da considerare in soprannumero rispetto al numero totale dei tiranti di prova stabilito precedentemente.

Per qualsiasi altra indicazione si farà riferimento alle Raccomandazioni AICAP.

#### ***Esecuzione, prova e valutazione tiranti***

##### Esecuzione, prova e valutazione primo tirante

L'armatura del primo tirante deve essere di sezione maggiore (o l'acciaio di migliore qualità) rispetto a quella di progetto, in modo tale che la forza limite ultima della fondazione Nau valutata con un primo dimensionamento, possa essere prevedibilmente raggiunta senza superare lo 0,9 del limite convenzionale elastico dell'armatura cementata, operando in modo da non aumentare il diametro della perforazione.

Qualora ciò non risultasse possibile, la prova verrà invece effettuata su un tirante di armatura sempre maggiorata, ove possibile, ma con fondazione di lunghezza ridotta

rispetto a quella prevista nel primo dimensionamento in modo da poter raggiungere lo stesso valore di  $N_{su}$  senza superare lo 0.9 del limite convenzionale elastico o di snervamento dell'armatura cementata, con un eventuale aumento della lunghezza libera pari alla riduzione della lunghezza della fondazione onde sperimentare il terreno alla stessa profondità della fondazione del tirante definitivo. Solo in questo caso la forza limite per i tiranti da realizzare verrà assunta convenzionalmente pari alla forza limite ultima misurata sul tirante di prova, moltiplicata per il rapporto delle lunghezze ( $L_{prog} / L_{prova}$ ).

#### Esecuzione, prova e valutazione del secondo tirante

Il secondo tirante di prova avrà le stesse caratteristiche dei tiranti da eseguire (diametro di perforazione, lunghezza di fondazione, ecc.) con la sola maggiorazione, ove possibile, dell'armatura, che sarà la massima compatibile con il diametro previsto per la perforazione o un'armatura di caratteristiche meccaniche superiori a quelle dei tiranti definitivi.

La prova del secondo tirante comprende le seguenti fasi:

1. tesatura fino ad una forza di allineamento  $N_0$  pari a  $0.1 N'su$  (dove  $N'su$  è la forza al limite caratteristico convenzionale elastico o di snervamento dell'armatura cementata); le misure degli allungamenti hanno inizio dal termine di questa fase.
2. tesatura per incrementi di carico pari a  $0,15$  di  $N'su$  (ultimo incremento pari a  $0.05 N'su$ ) fino ad una forza massima uguale a  $0,9 N'su$  (Fig.1); per ciascun livello di carico la forza dovrà essere mantenuta costante per un periodo di tempo pari a:
  - ✓ 5 minuti per ancoraggi in roccia e terreni non coesivi, con misura dell'allungamento all'inizio ed alla fine di ciascun intervallo;
  - ✓ 30 minuti per ancoraggi in terreni coesivi con misura dell'allungamento a 0-2-4-8-15-30 minuti;
  - ✓ scarico fino alla forza  $N_0$  in tre stadi, con sosta di 1 minuto per ogni gradino e con misura dell'allungamento residuo.

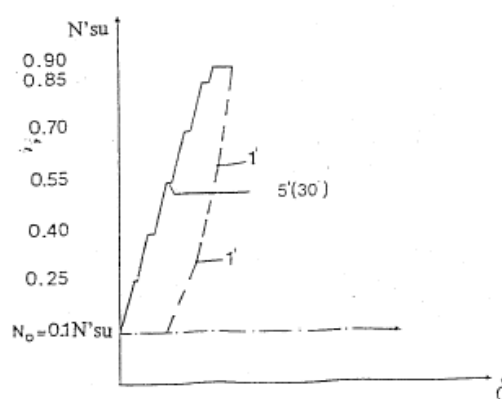


Fig.1

Al termine della prova dovrà essere tracciato il diagramma forze-allungamenti.

Per terreni coesivi dovranno essere anche tracciate, in scala semilogaritmica, le curve dell'allungamento in funzione del logaritmo del tempo per tutte le soste a forza costante

(Fig. 2a) e l'andamento della pendenza finale  $tg\alpha$  delle predette curve in funzione della forza applicata (Fig. 2b).

Si assume come forza limite ultima del tirante  $N_{au}$ :

- ✓ nel caso di roccia o terreno non coesivo: il massimo valore della forza applicata durante la prova anche se non si è raggiunto lo sfilamento del tirante;
- ✓ nel caso di terreno coesivo, il valore della forza per cui il diagramma di Fig. 2b presenta una evidente variazione di pendenza; o il massimo valore della forza applicata qualora non sia raggiunta, nel corso della prova, tale situazione.

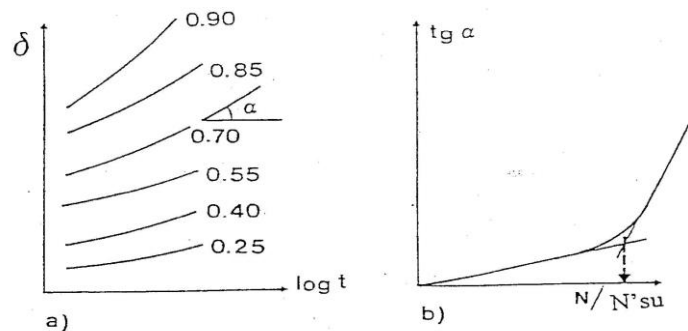


Fig.2

Esecuzione, prova e valutazione del terzo tirante

Il terzo tirante di prova deve avere armatura ed ogni altra caratteristica uguale a quelle del tirante da realizzare e lunghezza di fondazione o forza teorica di utilizzazione stabilita in base ai risultati della prova sul secondo tirante.

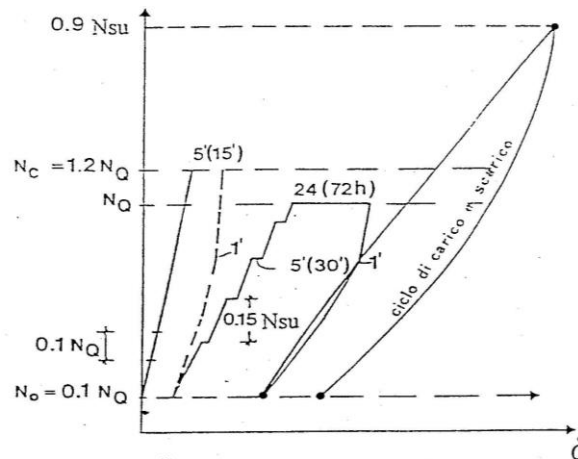


Fig.3

La prova sul terzo tirante comprende le seguenti fasi (Fig.3):

- a) tesatura fino alla forza di allineamento  $N_0 = 0.1 N_{es}$ ; le misure degli allungamenti hanno inizio dal termine di questa fase;

- b) tesatura fino alla forza di collaudo  $N_c$  pari ad 1,2 volte la forza teorica di utilizzazione  $N_{es}$  per incrementi di 0,1  $N_{es}$  con sosta di 1 minuto ad ogni incremento di carico e misura dell'allungamento finale;
- c) sosta a forza costante per 5 minuti in roccia o terreni non coesivi e 15 minuti per terreni coesivi, con misura dell'allungamento alla fine della sosta;
- d) scarico fino alla forza  $N_0$  in tre stadi, con sosta di 1 minuto per ogni gradino, con misura dello allungamento residuo;
- e) tesatura per incrementi di carico pari a 0,15  $N_{su}$  fino ad una forza massima uguale a  $N_{es}$ ; per ciascun livello di carico la forza dovrà essere mantenuta costante per un periodo di tempo minimo pari a:
- ✓ 5 minuti per ancoraggi in roccia e terreni non coesivi, con misura dell'allungamento all'inizio ed alla fine di ciascun intervallo;
  - ✓ 30 minuti per ancoraggi in terreni coesivi con misura dell'allungamento a 0-2-4-8-15-30 minuti;
- f) bloccaggio e sosta alla forza pari a  $N_{es}$  per una durata pari a quella prevista in progetto, comunque non inferiore a 24 ore per rocce o terreni non coesivi e di 72 ore per i terreni coesivi, ad allungamento costante con misura della forza residua. Qualora il sistema di bloccaggio non consenta tale tipo di misura o gli spostamenti della testata siano tali da falsare le misure stesse, la sosta andrà effettuata mantenendo costante la forza al valore sopra indicato e misurando l'allungamento finale;
- g) scarico fino a  $N_0$  come al punto d). Al termine di questa fase viene tracciato il diagramma forze-allungamenti.
- Per terreni coesivi vengono anche tracciate, in scala semilogaritmica, le curve dell'allungamento in funzione del logaritmo del tempo per tutte le soste a forza costante (Fig. 4a) e l'andamento della pendenza finale  $tg\alpha$  delle predette curve in funzione della forza applicata (Fig. 4b);

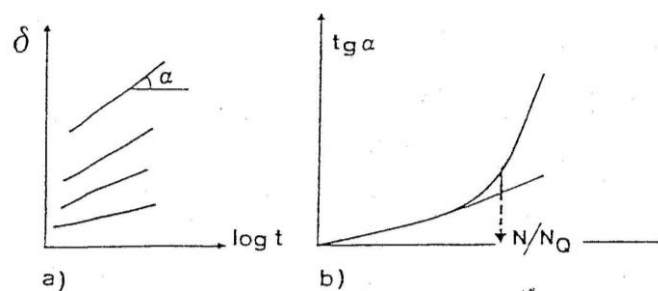


Fig.4

- h) esecuzione di un numero arbitrario di cicli di carico e scarico; aventi come base la forza  $N_0$ , con incremento del carico ad ogni ciclo fino ad un valore pari a 0,9  $N_{su}$  sosta per ciascun ciclo pari a 5 minuti in terreni non coesivi o rocce e di 15 minuti in terreni coesivi.

Per ciascun ciclo vengono misurati gli allungamenti corrispondenti a ogni tappa del percorso di carico.

Al termine di questa fase viene costruito il relativo diagramma forze-deformazioni. (tale prova può essere condotta a forza costante o ad allungamento costante).

La lunghezza della fondazione e la forza teorica di utilizzazione assunte sono comunque valide se:

- ✓ i risultati sono congruenti con quelli ricavati nella prova del secondo tirante;
- ✓ la lunghezza libera teorica  $l_l$  e la lunghezza libera effettiva  $l_{le}$  del tirante verificano le seguenti condizioni:  $0.9 l_f \leq l_l \leq l_l + 0.5 l_f$ . La lunghezza  $l_l$  si calcola in prima approssimazione con la relazione:  
 $l_l = e l A_s E_s$   
 $N - N_0$   
dove:  $A_s$  = area della sezione di armatura;  
 $E_s$  = modulo di elasticità dell'acciaio di armatura;  
 $e l$  = allungamento elastico misurato.
- ✓ la variazione dell'allungamento registrata nella fase f) sia inferiore (nei primi 30 minuti) al 5% dell'allungamento teorico relativo allo stesso valore di forza;
- ✓ l'andamento dei valori degli allungamenti nel tempo, durante la fase f), deve tendere rapidamente ad un asintoto orizzontale.

Se anche una sola delle predette condizioni non risulta soddisfatta, occorre procedere alla realizzazione di un nuovo tirante di prova con lunghezza di fondazione maggiore o con forza teorica di utilizzazione minore, da sottoporre alle stesse modalità di prova del terzo tirante.

La procedura va ripetuta finché non risultano soddisfatte tutte le predette condizioni.

#### Prove di rottura su barre e bulloni

Per bulloni con ancoraggio ad 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 e, nel caso che tale rottura non si verifichi, spingendo 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 al limite allo 0.2% dell'acciaio della barra impiegata.

Nel caso di bulloni con ancoraggio con 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 per 0.85 o, nel caso tale rottura non si determini, il valore della forza corrispondente al limite allo 0.2% dell'acciaio della barra impiegata.



Il carico limite viene definito nel caso di rottura della fondazione, come il valore medio delle forze limiti di rottura di almeno 5 prove di ancoraggio, nell'ambito della stessa tratta omogenea di ammasso roccioso.

#### Prove di collaudo

Salvo diverse prescrizioni da concordare comunque con la Direzione Lavori, le prove di collaudo saranno eseguite di norma su tutti gli ancoraggi attivi.

La forza di collaudo  $N_c$  è definita pari a 1.2 volte la forza di esercizio.

Le prove di collaudo costituiscono una fase delle procedure di messa in tensione degli ancoraggi attivi.

Per ancoraggi temporanei in barre e bulloni a lunghezza libera con una forza di esercizio non superiore ai 200 kN, la verifica della messa in opera, è sufficiente la messa in tensione, e verificare che dopo un tempo di attesa di 5 minuti, l'allungamento non deve superare il 2% della lunghezza libera dell'ancoraggio e la perdita di tensione non deve superare il 2% della tensione di prova.

Nel caso di ancoraggi sigillati su tutta la lunghezza, la loro corretta messa in opera è controllata mediante le prove a rottura, con le stesse modalità e frequenza precedentemente riportate.

### **8.2.6 Rivestimenti di prima e seconda fase**

#### ***Rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio proiettato***

Il rivestimento di prima fase delle pareti di scavo di gallerie sarà eseguito con conglomerato cementizio spruzzato, con idonee macchine spruzzatrici, negli spessori indicati in progetto. Si dovrà curare in particolare l'aderenza del getto alle pareti dello scavo, onde evitare vuoti a tergo del getto.

Per eventuali vuoti conseguenti ad irregolarità della sezione di scavo, l'Appaltatore dovrà procedere riempiendo, a sua cura e spese, con conglomerato cementizio spruzzato, dato anche a più strati ed armato con rete di acciaio elettrosaldato.

Nel caso invece di caverne naturali non previste negli elaborati progettuali o di cavità causate da cedimenti o frammenti non imputabili, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, a negligenza dell'Appaltatore, si potrà proporre alla Committente la contabilizzazione dei riempimenti di conglomerato o di murature di bloccaggio o di iniezione d'intasamento.

Il conglomerato proiettato dovrà avere elevate resistenze alle brevi stagionature e dovrà essere accelerato con additivi a bassissimo contenuto di alcali in ragione non superiore al 6% sul peso del cemento. Detti acceleranti non dovranno avere influenze negative sulla salute del personale addetto ai lavori e sull'ambiente quali ad esempio rilascio di alcali in falda. Il calcestruzzo spruzzato con additivo accelerante non dovrà subire riduzione delle sue resistenze finali riferite allo stesso calcestruzzo realizzato senza accelerante. Il conglomerato spruzzato dovrà inoltre avere un curva granulometrica compresa nel fuso UNI relativo al diametro massimo dell'inerte impiegato. Per assicurare buone condizioni di pompabilità con basso rapporto acqua/cemento ( $A/C < 0,50$ ), dovranno essere impiegati, per il confezionamento del calcestruzzo, additivi superfluidificanti.

La proiezione dovrà avvenire ad umido cioè con procedimento in cui la pompa spinge la miscela composta da aggregati, cemento, acqua senza accelerante, in sospensione in un getto d'aria compressa nel condotto, ovvero per mezzo di una pompa a pistoncini, mentre l'accelerante viene introdotto e mescolato nella lancia.

Il dosaggio dell'accelerante dovrà avvenire esclusivamente a mezzo di dosatori sincronizzati con la pompa e regolati con il flusso di miscela cementizia in modo da mantenere sempre costante il dosaggio di additivo.

Gli acceleranti non dovranno influire negativamente:

- ✓ sulla sicurezza dell'ambiente di lavoro e non essere inquinanti per l'ambiente naturale;
- ✓ sull'intasamento dei dreni.

Per ciascun additivo dovrà essere disponibile una scheda tecnica e una scheda di sicurezza, quest'ultima redatta in conformità alle prescrizioni della direttiva CEE 91/155.

La distanza fra la lancia e la superficie da trattare è funzione della velocità di uscita della miscela da proiettare; in generale questa distanza dovrà essere compresa tra 0,50 e 1,50 m.

Il numero di passate per ottenere lo spessore previsto sarà il più basso possibile in relazione alla tecnica di proiezione prevista e dal tipo di accelerante impiegato.

Tutte le venute d'acqua concentrate dovranno essere regimate e canalizzate superficialmente per evitare sottopressioni sulla superficie trattata e danneggiamenti al conglomerato proiettato.

L'interferro dovrà essere, in tutti i casi, uguale o superiore a 15 cm sia nel caso di barre che di rete elettrosaldata.

La distanza fra l'armatura e la parete da rivestire dovrà essere rigorosamente compresa fra 2 e 5 centimetri.

La superficie in vista del conglomerato cementizio, sulla quale sarà applicata l'eventuale l'impermeabilizzazione, dovrà presentarsi regolare, priva di asperità e di ferri sporgenti.

Eventuali irregolarità, che a giudizio insindacabile della Direzione Lavori potrebbero danneggiare l'impermeabilizzazione, dovranno essere conguagliate a cura e spese dell'Appaltatore mediante apporto di conglomerato cementizio.

I ferri eventualmente sporgenti dal rivestimento dovranno essere accuratamente ripiegati e inglobati nel conglomerato.

La composizione del conglomerato dovrà essere sottoposta dall'Appaltatore alla preventiva approvazione della Direzione Lavori.

Il dosaggio dei componenti dovrà essere fatto a peso in idonei impianti.

La qualifica preliminare del conglomerato cementizio, i controlli della resistenza del conglomerato, le prove sui materiali e sul conglomerato fresco, dovranno essere effettuati con l'osservanza di quanto disposto alla sezione "calcestruzzi" del presente Capitolato.

Il calcestruzzo proiettato sarà confezionato secondo le prescrizioni della UNI 8520/2 con impiego di aggregati di appropriata granulometria continua e di dimensioni non superiori a 12 mm, tali da poter essere proiettati a umido con le normali attrezzature da "spritz"; il

rapporto acqua/cemento non dovrà essere superiore a 0,5 e sarà regolato in modo da dare alla miscela una consistenza plastica adatta ad ottenere calcestruzzo di buona qualità.

La curva granulometrica dovrà presentare un andamento continuo, senza picchi né salti. Per applicazioni sulla volta, le miscele dovranno essere scelte verso la parte fine della curva granulometrica, verso il centro per la parte verticale e verso la parte più grossa per i lavori nella controvolta.

Le caratteristiche e le proprietà del calcestruzzo proiettato fanno riferimento alla normativa italiana UNI 10834.

Per conseguire fluidità, coesione e rapidità di presa, senza compromettere le caratteristiche di resistenza del conglomerato, dovrà essere impiegato cemento ad alta resistenza dosato in ragione di almeno 500 kg/m<sup>3</sup> di impasto, che dovrà rispondere alle prescrizioni della ENV 197/1 con l'adozione di additivi ad azione fluidificante ed accelerante di presa, compatibili con il cemento impiegato.

Gli additivi del calcestruzzo devono corrispondere alle prescrizioni UNI 7101. In particolare, gli acceleranti di presa, da impiegare con dosaggio non superiore al 12 % sul peso del cemento, non dovranno provocare riduzioni di resistenza nel tempo in misura superiore al 25% dei valori di resistenza misurati su calcestruzzo non additivato da accelerante. Gli acceleranti di presa dovranno essere compatibili con il cemento impiegato e non essere nocivi alle armature, né alle reazioni di idratazione del cemento e dovrà essere data dimostrazione della loro efficacia ai fini della durabilità del conglomerato proiettato.

In particolari condizioni la Direzione Lavori potrà autorizzare l'Appaltatore ad impiegare, a sua cura e spese, additivi ritardanti di presa allo scopo di prolungare la lavorabilità del conglomerato.

In questi casi lo stesso Appaltatore, sempre a sua cura e spese, dovrà impiegare additivi acceleranti al momento del getto del conglomerato per annullare l'effetto ritardante.

Il conglomerato cementizio dovrà presentare una resistenza media  $\geq 25$  MPa dopo 28 giorni, con una resistenza media a compressione monoassiale, dopo 48 ore dalla posa in opera, determinata su quattro campioni, che dovrà risultare non inferiore ai 13 MPa, e comunque compatibile con quanto indicato dal progettista.

Tali resistenze saranno determinate mediante l'uso di appositi pannelli confezionati e cassaforme, collocate su una parete inclinata di 10°-20° tali da realizzare tasselli di prova, di dimensioni 60 cm \* 60 cm, e di 15 cm di spessore ottenuti proiettando ortogonalmente a questa il conglomerato.

Tali pannelli dovranno fornire 6 -8 provini di conglomerato con rapporto altezza/diametro pari a  $h/d = 1$  ed altezza pari a 10 cm.

Oltre alle prove suddette in ogni caso dovranno essere prelevate direttamente dalla parete carote di conglomerato cementizio proiettato in opera sulle quali determinare il peso specifico e la resistenza a compressione monoassiale.

La media dei valori del peso specifico, ricavati in sito non dovrà essere inferiore al 98% dei valori dichiarati nello studio preliminare di qualificazione.

Le prove ed i controlli saranno effettuati secondo quanto previsto dalla Normativa vigente, UNI 10834.

Lo sfrido complessivo del calcestruzzo proiettato non dovrà essere superiore al 10 % del volume posto in opera.

In caso contrario, l'Appaltatore non è tenuto a chiedere indennizzo alcuno per sfridi superiori.

Il rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio spruzzato, in relazione alle previsioni di progetto, potrà essere armato con rete in barre di acciaio a maglie elettrosaldate.

La rete di armatura, posta in opera preliminarmente ed inglobata nel conglomerato in fase di proiezione, dovrà essere conforme alle prescrizioni di cui al relativo punto del presente Capitolato.

Ove la geometria dello scavo lo consentisse, le reti elettrosaldate potranno essere opportunamente presagomate ed opportunamente ancorate alle centine.

Dovrà essere particolarmente curato il fissaggio delle armature, con almeno 2 chiodi/m<sup>2</sup>, su un primo strato di conglomerato proiettato dello spessore di almeno 2~3 centimetri, per evitare movimenti o distacchi durante la successiva proiezione.

Successivamente, verrà realizzato il completamento dello strato di conglomerato proiettato, sino al raggiungimento dello spessore previsto.

Per evitare movimenti e distacchi durante la proiezione del conglomerato, si dovrà usare in modo particolare il fissaggio delle armature.

#### ***Rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio proiettato fibrorinforzato***

Il rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio proiettato fibrorinforzato è utilizzabile, secondo le prescrizioni progettuali, in alternativa al rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio proiettato armato con rete elettrosaldata, previa autorizzazione della DL.

Per le prescrizioni e gli oneri di una corretta posa in opera valgono le indicazioni precedentemente riportate, riguardante il calcestruzzo proiettato.

Per fibre di acciaio per la confezione di conglomerato, deve intendersi fibre provenienti da filo liscio o deformato e trafilato a freddo, o da lamiera tagliata liscia o deformato, o da fibre estratte da fusione, comunque costituite di acciaio a basso contenuto di carbonio, di diametro equivalente  $Deq = 2 \sqrt{A}$  (dove A area della sezione della fibra) di 0,5 mm circa, avente  $f_p (0,2) K \geq 800$  MPa ed allungamento minimo 1,0 %; resistenza massima a trazione della fibra  $Rak > 1100$  MPa; le fibre dovranno essere lunghe tra 20 e 40 mm, "rapporto d'aspetto" L/D compreso tra 50 e 80, dove L = lunghezza della fibra, e D = diametro della fibra, ed avere le estremità sagomate per garantire l'ancoraggio meccanico delle fibre stesse al conglomerato.

La quantità di fibre di acciaio da impiegare per l'armatura del conglomerato cementizio spruzzato dovrà essere tale da garantire un valore di energia assorbita da prove di punzonamento su piastre  $E > 500$  Joule; le fibre dovranno essere fornite sciolte, dovranno essere incorporate nel conglomerato in fase di impasto, avendo cura che la loro

immissione effettuata direttamente con gli inerti, garantisca una dispersione omogenea con l'ulteriore miscelazione durante l'impasto.

Le fibre dovranno essere stoccate in appositi contenitori e protette dall'umidità.

In corso d'opera la Direzione Lavori procederà al controllo della quantità di fibra immessa mediante prelievo alla bocca della betoniera di tre campioni di conglomerato di volume predeterminato da cui estrarre le fibre riportandone il peso effettivo a quello teorico.

Il contenuto di fibre nella miscela dovrà essere determinato dalla media dei valori ricavati sui tre campioni, mediante separazione per lavaggio.

Nel caso si verifichi uno scostamento medio rispetto al quantitativo teorico in meno, non superiore al 10%, verrà applicata una penale; qualora lo scostamento fosse superiore al 10% il conglomerato sarà considerato non rinforzato.

Lo strato superficiale del conglomerato cementizio spruzzato, per uno spessore 3 cm, dovrà essere steso senza impiego di fibre d'acciaio, nel caso di presenza di manto di impermeabilizzazione, allo scopo di evitare possibili danni alla guaina stessa.

Le caratteristiche del conglomerato cementizio proiettato fibrorinforzato dovranno essere verificate attraverso le seguenti prove:

- ✓ resistenza a compressione monoassiale;
- ✓ prova di assorbimento di energia.

Per quanto riguarda le prove di compressione monoassiale si ritiene valido quanto già riportato nel punto 5.5.5 del presente Capitolato ed al quale si rimanda, valido per il conglomerato cementizio non armato.

La prova di assorbimento di energia dovrà essere condotta in fase preliminare e nella fase di controllo, su una piastra quadrata di dimensioni 60\*60\*10 cm, ricavata da un pannello di conglomerato cementizio proiettato messo in opera su una parete verticale.

Dopo una maturazione di 28 giorni la suddetta piastra viene poggiata su di un supporto metallico quadrato tale da avere una luce libera di 50\*50 cm, con la superficie di proiezione rivolta verso il basso, e caricata centralmente da un punzone avente superficie di impronta quadrata pari 100 cm<sup>2</sup>, con una velocità di deformazione pari a 1,5 mm/min.

Durante la fase di carico verranno registrate le coppie dei valori sforzo-deformazione fino al raggiungimento di una deformazione di 25 mm.

A tale deformazione arrestare la prova, asportare il provino e fotografarlo.

L'energia assorbita in quel momento dovrà risultare non inferiore a 500 Joule (Nmm).

La prova di assorbimento di energia oltre che nella fase preliminare di studio della miscela, dovrà essere eseguita anche per il calcestruzzo proiettato posto in opera.

### ***Rivestimento di seconda fase in conglomerato cementizio gettato in opera***

Il rivestimento di seconda fase (rivestimento definitivo) dovrà essere eseguito alla distanza dal fronte di scavo regolata in funzione del comportamento deformativo del cavo, entro i limiti indicati nel progetto definitivo.

Nessuna variazione potrà essere ammessa senza la preventiva autorizzazione della Direzione Lavori.

Tale rivestimento consiste in un getto di dato spessore di conglomerato cementizio semplice o armato, contro le pareti della galleria, mediante apposita cassaforma.

Il conglomerato cementizio impiegato per il rivestimento di seconda fase dovrà essere almeno di classe Rck = 30 MPa, lo spessore del rivestimento dovrà essere conforme alle previsioni di progetto, restando a carico dell'Appaltatore i maggiori spessori realizzati.

L'Appaltatore ha l'obbligo di non eseguire alcun getto prima che l'incaricato della Direzione Lavori abbia effettuato i controlli e le verifiche del caso.

La Direzione Lavori si riserva comunque la facoltà di procedere in qualsiasi momento, anche ad opera ultimata ed anche con metodi non distruttivi, alla verifica, a cura dell'Appaltatore, dei prescritti spessori di rivestimento e della eventuale presenza di vuoti all'estradosso delle murature.

In caso di presenza di vuoti a tergo dell'estradosso del rivestimento di seconda fase, l'Appaltatore, a sua cura e spese, dovrà colmare detti vuoti mediante iniezioni a pressione di malte di cemento e sabbia addittivate con espansivo, previa esecuzione di fori di diametro e passo appropriato sul rivestimento.

Dovrà essere particolarmente curata la ripresa con i getti precedenti e la preparazione e pulitura delle superfici con le quali i getti stessi dovranno venire a contatto.

La superficie in vista dei getti di rivestimento dovrà risultare perfettamente regolare e profilata secondo i disegni di progetto, curata in modo particolare nei tratti in curva.

Il getto dell'arco rovescio deve essere eseguito su rocce in posto e non su materiale smosso.

Eventuali sovrascavi dovranno essere riempiti e risagomati con conglomerato cementizio magro a cura e spese dell'Appaltatore.

Il getto dell'arco rovescio dovrà essere eseguito per campioni, alla distanza dal fronte indicata in progetto e comunque non superiore ad una distanza pari a 3 volte il diametro di scavo.

In presenza di particolari fenomeni deformativi la lunghezza dei campioni e la relativa distanza dal fronte dovranno essere opportunamente ridotte, secondo le prescrizioni della Direzione Lavori.

### ***Rivestimento in conci prefabbricati***

Questo tipo di rivestimento verrà utilizzato nei tratti di galleria scavato con TBM.

L'anello a conci prefabbricati dovrà essere realizzato e posto in opera con tutti gli accorgimenti previsti all'interno del "disciplinare prestazionale Genio Civile".

Il P.D. riporta una soluzione dove l'anello prefabbricato è costituito da 6 elementi.

Come previsto all'interno del suddetto disciplinare, l'impresa dovrà provvedere alla redazione del progetto dettagliato dell'anello verificando sia gli aspetti strutturali che la congruenza con l'andamento plano-altimetrico previsto per la galleria ad eventualmente proporre alla DL soluzioni geometriche integrative all'anello proposto.

E' inteso che le verifiche strutturali sono a carico dell'Impresa e riguarderanno tutte le condizioni di carico alle quali i conci e l'anello si troveranno assoggettati sia nella fase provvisoria di scasso, movimentazione, stoccaggio, montaggio, spinta di martinetti sia

nella fase ordinaria che in fase di eventuale sblocco dello scudo, ecc., che in fase di esercizio.

Il calcestruzzo dovrà avere caratteristiche tali da ottenere una classe di resistenza, in accordo alla norma UNI EN 206-1:2006 C40/50, classe di esposizione XC4.

È prescritto un accurato controllo della disposizione dei ferri di armatura e dello spessore minimo di ricoprimento che dovrà essere tale da ottenere una resistenza al fuoco (in accordo al DM 28 ottobre 2005 – punto 1.2.1 con curva incendio UNI-11076) minima R120.

Il rivestimento a conci sarà posto in opera all'interno dello scudo (ove previsto) posteriore mediante il dispositivo erettore.

Al principio dei lavori, l'Impresa presenterà una proposta metodologica per l'inghisaggio dei conci che dovrà essere approvata dalla DL.

L'Impresa eseguirà a tale scopo dei carotaggi attraverso il rivestimento della galleria per indagare lo stato di qualità dell'intasamento raggiunto.

L'inghisaggio dei conci potrà essere effettuato (a seconda delle caratteristiche della fresa) in 3 distinte fasi di intasamento:

- ✓ Letto di malta cementizia su  $90^{\circ} \div 100^{\circ}$  all'arco rovescio per ridurre l'affondamento di questo a causa del peso dei conci, seppure questi siano stati ancorati sull'anello di rivestimento precedente.
- ✓ Intasamento, all'uscita dallo scudo, della parte restante dell'anello con ghiaietto monogranulare da 6 mm, pulito e di forma rotonda non appiattita (pea-gravel). Il ghiaietto deve essere costituito da elementi omogenei derivati da rocce sane e resistenti. Nella porzione ad elevate coperture, o laddove sia opportuno lasciar sviluppare convergenze importanti potrà essere adottato un inghisaggio con materiali comprimibili (tipo argilla espansa), che verranno proposti dall'impresa. Questi materiali andranno poi iniettati una volta che la convergenza necessaria sia sviluppata.
- ✓ Iniezione a distanza e tempo opportuno, dell'anello di ghiaietto per l'inghisaggio definitivo dei conci e la stabilizzazione con boiaccia a base di cemento tipo 525, con rapporto a/c non superiore a 1.0 e con l'aggiunta di additivi superfluidificanti (è tassativamente escluso l'uso di bentonite). La pressione d'iniezione a boccaforo varierà in funzione della copertura del terreno e delle spinte attese sul cavo.

Il letto di malta deve essere eseguito al momento dell'uscita dei conci dalla coda dello scudo, da fori radiali predisposti nei conci stessi. Prima di procedere con l'iniezione, la pressione della roccia, misurata a partire dai conci strumentati messi in opera ogni 200 m circa, dovrà essere stabilizzata e l'iniezione sarà autorizzata dalla DL.

La pressione massima netta di iniezione sarà contenuta al di sotto di 2.0 bar.

I prodotti citati andranno iniettati con appositi iniettori e/o ponte.

Come accessori obbligatori dell'anello strutturale vanno considerati tutti gli elementi necessari ad ottenere l'anello perfettamente stabile, in fase di montaggio ed in esercizio,

impermeabile, connesso longitudinalmente e trasversalmente. In particolare, vanno previsti:

- ✓ le guarnizioni a tenuta idraulica come riportate nei documenti tecnici, opportunamente incollate ai conci;
- ✓ i sistemi di bloccaggio longitudinali tipo “bi-block” o tipo d'acciaio e relativi inserti inglobati nei conci;
- ✓ connettori trasversali di acciaio;
- ✓ barra guida per l'anello;
- ✓ inserti per il sollevamento;
- ✓ cuscinetti ammortizzatori in sughero o catrame o altro materiale avente stesse caratteristiche;
- ✓ e tutti gli accessori per una messa in opera in sicurezza ed a regola d'arte.

Da considerare che l'Impresa è responsabile dei difetti (sbeccature, fessurazioni e qualsiasi difetto strutturale) degli anelli, così come è responsabile della tenuta idraulica per l'esercizio degli stessi.

Per entrambe le situazioni, in caso di difetti e non perfetta esecuzione, l'Impresa deve provvedere al ripristino delle condizioni teoriche previste in progetto. Il progetto come tale deve contenere anche un piano relativo a tali ripristini.

I controlli sui conci prefabbricati saranno esperiti nel rispetto delle norme di cui al D.Lgs 81/08 e le connesse normative che prevedono le prove da eseguirsi in stabilimento o direttamente dall'impresa.

Tutte le operazioni saranno eseguite attraverso apposita attrezzatura posta nel back-up della TBM in modo tale da ottenere la sezione strutturale completa della galleria al passaggio di quest'ultimo.

Per ulteriori indicazioni e prescrizioni valgono anche le notazioni riportate sui documenti tecnici di riferimento posti a base di gara.

### **8.2.7 Casseforme**

Premesse le responsabilità dell'Appaltatore, per quanto attiene alla conformità delle attrezzature da impiegare per la realizzazione del progetto nonché per l'uso di tutti i prodotti idonei alle corrette operazioni di disarmo, si prescrive quanto segue:

Le Casseforme per il contenimento del getto di conglomerato cementizio di rivestimento delle gallerie dovranno essere impiegate casseforme metalliche montate su carro portaforme, munite di sistema di movimentazione idraulico; la struttura dovrà essere opportunamente irrigidita e controventata, dimensionata per non subire deformazioni sotto carico, con la superficie a contatto del conglomerato liscia e conforme alla generatrice di progetto, tale da assicurare ai getti una rifinitura perfettamente regolare.



### **8.2.8 Drenaggi**

Con il termine "drenaggi" si intendono tutte le tecnologie esecutive atte alla captazione, emungimento, raccolta e allontanamento delle acque circolanti immediatamente a tergo dei rivestimenti ovvero nei terreni circostanti la galleria.

Si distinguono le seguenti tipologie principali di drenaggio:

- ✓ canalette al piede dell'impermeabilizzazione collegate mediante raccordi alle cunette centrali di raccolta della galleria;
- ✓ tubi drenati microfessurati che si estendono nei terreni a tergo del rivestimento. Le prescrizioni di cui ai successivi punti sono riferite alle gallerie naturali, ma sono comunque applicabili, con le precisazioni di cui in appresso, anche alle gallerie artificiali ed ai sottovia scatolari.

Nel caso di gallerie artificiali eseguite con scavo dall'alto il drenaggio avverrà tramite uno strato di materiale arido drenante posizionato all'esterno della galleria, alla quota di base del piedritto. Nel caso di sottovia scatolari si disporrà una tubazione in PVC in corrispondenza della platea di fondo. In tale modo le acque percolanti attraverso il materiale drenante, utilizzato per il riempimento, saranno convogliate nel tubo in PVC e trasportate all'esterno.

Nel caso di gallerie artificiali eseguite con paratie, se necessario, si procederà al drenaggio delle acque mediante l'adozione di microdreni con tubazioni in PVC microfessurate rivestite da tessuto non tessuto.

Le acque drenate saranno convogliate nelle canalette laterali al piede della galleria e smaltite, con idonea pendenza, all'esterno.

#### ***Canalette di raccolta***

Al piede dell'impermeabilizzazione sarà realizzata, mediante canaletta in PVC microfessurata superiormente, una condotta di raccolta delle acque drenate; secondo le indicazioni di progetto saranno disposte delle condotte, dotate di pozzetti per l'ispezione e la manutenzione, per collegare le canalette con le cunette centrali della galleria.

Particolare cura andrà posta in fase esecutiva per assicurare il corretto andamento plano-altimetrico dei tubi di drenaggio e la loro funzionalità.

Le canalette e i tubi per il drenaggio e l'allontanamento sulle acque saranno in PVC con le caratteristiche indicate nel progetto ed avranno diametro esterno non inferiore a 110 mm e spessore non inferiore a 3 mm.

I tubi di cloruro di polivinile non plastificato dovranno corrispondere per generalità tipi, caratteristiche e metodi di prova alle norme UNI N°4464 e 4465; la Direzione Lavori potrà richiedere di far sottoporre a prove, presso laboratori qualificati e riconosciuti, dei campioni di tubo per accertare o meno la loro rispondenza alle citate norme.

La miscela cementizia da impiegare per l'allettamento e fissaggio delle tubazioni sarà costituita da sabbia e cemento normale tipo 3,25, ed arricchita di idrofugo nelle proporzioni necessarie in relazione al grado di umidità della superficie da impermeabilizzare.

### ***Tubi drenanti microfessurati***

Le perforazioni per i drenaggi, comunque inclinate ed in materiali di qualsiasi natura, durezza e consistenza, anche in presenza d'acqua di qualsiasi entità e pressione, saranno eseguite a distruzione di nucleo con sonde a rotazione o rotopercolazione.

Qualora le caratteristiche dei terreni o la presenza dell'acqua lo richiedesse, il foro potrà essere sostenuto mediante idonee tubazioni durante la perforazione e nelle fasi successive.

Si deve assicurare, in fase di perforazione, la perfetta tenuta a boccaforo, predisponendo eventualmente, sul fronte di avanzamento, in corrispondenza all'asse di ciascuna perforazione, un raccordo tubolare munito di un premistoppa interno, al quale si accoppia, a tenuta, il tubo di perforazione e di una bocca di deflusso esterna, onde consentire il refluisce controllato del materiale di spurgo in fase di perforazione.

I raccordi tubolari dovranno essere rigidamente fissati al tampone in calcestruzzo proiettato preventivamente realizzato sul fronte.

Tali attrezzature devono avere caratteristiche tali da impedire che, nella fase di scavo e nelle successive fasi di posa in opera del tubo drenante all'interno dell'eventuale rivestimento e di estrazione di quest'ultimo dal terreno, possano verificarsi refluisce incontrollati di acqua e/o particelle di terreno all'interno dell'eventuale tubo di rivestimento.

Prima di procedere alla posa in opera, l'Appaltatore dovrà eseguire una accurata pulizia del foro con getto d'aria a pressione e il lavaggio con getto d'acqua a pressione.

Le perforazioni avranno diametro adeguato alla lunghezza e tale da consentire l'infilaggio dei tubi microfessurati, e comunque non inferiore a 100 mm. Qualora le caratteristiche dei terreni o la presenza dell'acqua lo richiedesse, le pareti del foro dovranno essere sostenute mediante idonee tubazioni durante la perforazione e nelle fasi successive.

Successivamente alla pulizia del foro, nello stesso verrà inserito un tubo microfessurato in PVC rivestito esternamente con una calza di geotessile.

Il tubo microfessurato sarà in PVC rigido con unioni a manicotti, ed avrà diametro interno non inferiore a 50 mm e spessore non inferiore a 4 mm.

Nel caso in cui vengano realizzati per l'allontanamento dell'acqua dal fronte di scavo, la loro disposizione e la loro orientazione dovranno essere tali da operare effettivamente tale allontanamento.

La loro lunghezza dovrà essere almeno pari al diametro dello scavo e non superiore a 2.5 volte il diametro stesso, con sovrapposizione longitudinale di 10 m.

Nel caso in cui le pressioni dell'acqua risultino elevate dovranno essere utilizzati dei dispositivi che impediscono la fuoriuscita di acqua prima dell'inserimento del tubo drenante.

In questa situazione si opera posando prima un tubo di attesa di diametro superiore, su cui si collegherà un "preventer" atto a controllare il fluido di spurgo della perforazione in modo da evitare l'insorgere di fenomeni di sifonamento e tale da permettere la chiusura rapida del foro.

In tal caso la perforazione sarà fatta con rivestimento, per impedire la chiusura del foro e con punta a perdere.

Finita la perforazione, si inserirà all'interno del rivestimento un tubo drenante microfessurato.

Successivamente, si recupererà il tubo di rivestimento del foro, per una lunghezza pari a quella del tratto attivo di dreno, più la lunghezza del sacco otturatore, in modo che questo risulti direttamente a contatto con le pareti del foro.

Tale sacco verrà quindi gonfiato, tramite iniezione a pressione controllata dalla relativa valvola, tramite doppio otturatore inserito da bocca foro all'interno del tubo drenante.

Raggiunta la pressione di alcuni bar, questa dovrà essere mantenuta per un congruo intervallo di tempo, per verificare l'avvenuto gonfiaggio del sacco.

Nel caso di calo di pressione, si procederà con successive iniezioni, fino al raggiungimento della pressione prestabilita.

Non appena la malta ha fatto presa nel sacco otturatore, si procederà all'estrazione del tubo di rivestimento per la rimanente lunghezza, pari a quella del tratto cieco, e immediata esecuzione, sempre mediante doppio otturatore, dell'iniezione, dell'iniezione di intasamento di tale tratto a partire dalla valvola superiore.

L'avvenuto abbattimento delle pressioni neutre dovrà essere verificato con piezometri installati in posizione opportuna e periodicamente misurati, il tutto a spese e cura dell'Appaltatore.

Tali interventi di drenaggio potranno rimanere attivi anche a lungo termine in fase di esercizio, per cui si dovrà provvedere a raccogliere mediante un apposito collettore le venute di acqua captate dai dreni, onde evitare che queste possano disperdersi in galleria, causando nocive infiltrazioni che potrebbero ammalorare le opere di rivestimento definitivo.

### **8.2.9 Water stop idroespansivo**

Sarà costituito da cordoli di forma quadrata di dimensioni di 25x25 mm o rettangolare. Dietro esplicita approvazione della A.S., potranno essere utilizzati anche elementi composti da bentonite di sodio preidratata estrusa sottovuoto additivata con polimeri stabilizzanti e antisale. I cordoli dovranno essere fissati con chiodatura in acciaio almeno ogni 25 cm alla struttura già gettata che dovrà presentare la superficie di ripresa del getto, preventivamente sottoposta a idropulizia, perfettamente liscia, pulita, esente da impurità, alveoli, nidi di ghiaia, parti staccate o staccabili che possano impedire la regolare espansione ed adesione a tenuta in presenza d'acqua.

Il materiale dovrà possedere le seguenti caratteristiche fisico-meccaniche:

- ✓ espansione libera in acqua distillata pari ad almeno sei volte il volume iniziale senza perdita di coesione di massa;
- ✓ massa maggiore di 1.10 kg/m;
- ✓ pressione di rigonfiamento dopo 48 ore maggiore di 600 KPa.
- ✓ pressione di rigonfiamento dopo 6 ore minore di 100 KPa.
- ✓ stabilità alle soluzioni saline ed aggressive e resistenza all'azione inibente degli ioni calcio e magnesio

L'utilizzo dovrà essere preventivamente autorizzato dal Direttore dei Lavori a valle dell'esecuzione di prove preliminari eseguite in cantiere o presso il laboratorio di cantiere, volte a verificare la rispondenza ai requisiti qui indicati.

### **8.2.10 Impermeabilizzazione di gallerie**

Si definiscono impermeabilizzazioni tutte le attività ed interventi atti a proteggere i rivestimenti delle gallerie dalle venute di acqua dalle pareti dello scavo.

Si dovranno impermeabilizzare le pareti della galleria secondo le indicazioni di progetto e ogni qualvolta si presentano o sono ipotizzabili venute di acqua dalle pareti della galleria.

L'impermeabilizzazione delle pareti delle gallerie naturali viene interposta tra i rivestimenti di prima fase e seconda fase.

La DL ha facoltà di ordinare, per determinati tratti o superfici di galleria, la impermeabilizzazione in conformità alle prescrizioni di seguito riportate.

Si dovranno adottare particolari accorgimenti e cautele quando le acque risultassero aggressive.

Prima della posa in opera dell'impermeabilizzazione l'Appaltatore dovrà procedere alla preparazione delle pareti comprendente:

- ✓ captazione di eventuali forti venute d'acqua tali che possano intralciare la regolare stesa dell'impermeabilizzazione, mediante impiego di tubi e/o canalette in materiale termoplastico, protetti da uno strato in geotessile e fissati con malta di cemento additivata con accelerante;
- ✓ eventuali tubi e/o canalette saranno protetti con uno strato di conglomerato cementizio e saranno raccordati al drenaggio posto al piede dell'impermeabilizzazione;
- ✓ regolazione della superficie del rivestimento di prima fase con malta fina per raccordare eventuali asperità e per ricoprire eventuali parti metalliche sporgenti.

#### ***Impermeabilizzazione con guaine in pvc***

L'impermeabilizzazione delle gallerie artificiali viene posizionata all'estradosso del rivestimento ed è costituita da una guaina in PVC interposta tra 2 strati protettivi in tessuto non tessuto. L'intero pacchetto verrà posto in corrispondenza di calotta e piedritti e poi risvoltato alla base dei piedritti per contenere lo strato di materiale arido drenante.

Uno dei due strati di geotessuto verrà risvoltato in modo da separare completamente il materiale drenante dal materiale di riporto, così come indicato negli elaborati di progetto.

L'impermeabilizzazione dei sottovia scolorari è costituita da una guaina in PVC interposta tra 2 strati protettivi in tessuto non tessuto; in corrispondenza della soletta di copertura essa verrà posata su uno strato di magrone con pendenza 2%.

L'impermeabilizzazione delle uscite di sicurezza delle gallerie è costituita, per la parte interrata, da una guaina in PVC interposta tra 2 strati protettivi in tessuto non tessuto, mentre per la parte fuori terra, da una guaina bituminosa rinforzata, così come indicato negli elaborati di progetto.

Verrà particolarmente curato il raccordo dell'impermeabilizzazione della galleria a foro cieco, con quelle di collegamento ai manufatti a cielo aperto al fine di garantire la continuità della tenuta idraulica.

### **Impermeabilizzazione con prodotto tipo Masterseal 345**

La membrana impermeabilizzante polimerica a spruzzo tipo membrana elastica Basf Masterseal 345 andrà posta in opera dopo la realizzazione di un supporto in calcestruzzo.

Essa dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- resistenza alla pressione idraulica: 20 bar
- densità in mucchio: 0,59 +/- 0,1 kg/lt (T = 20°C)
- tensione di rottura a 28 gg (T = 20°C): 1,5 – 3,5 MPa
- allungamento a rottura (crack bridging) a 28 gg (T = 20°C): > 100 % (secondo DIN 53504)
- adesione al calcestruzzo: 1,2 +/- 0,2 MPa
- durezza superficiale Shore A: > 75
- infiammabilità: autoestinguente (Classe B2 secondo DIN 4102)
- temperatura di applicazione: da + 5 °C a 40 °C
- assenza di componenti tossici
- il produttore dovrà essere in conformità alle UNI EN ISO 9001:2000

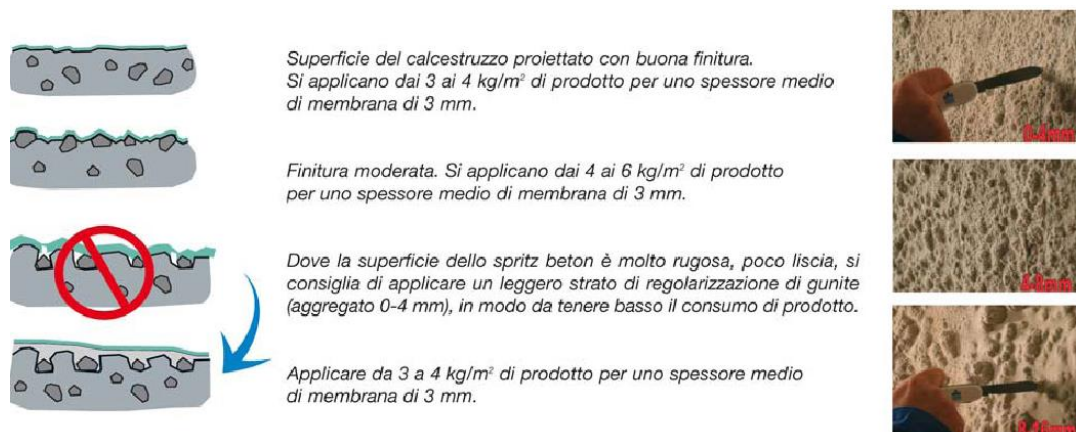
### Modalità tecnico-esecutive

L'applicazione del prodotto impiegato dovrà essere articolata secondo la seguente procedura:

#### 1. Ottimizzazione del grado di ruvidità del supporto

La superficie del supporto in calcestruzzo dovrà consentire un'adeguata aderenza della membrana spruzzata e la continuità della stessa.

La superficie dovrà presentare asperità omogeneamente diffuse non superiori a 3-5 mm. Il grado di finitura della superficie su cui verrà spruzzata la membrana impermeabile dovrà risultare quindi quello più idoneo a ridurre il consumo di materiale (maggiore sarà il diametro del materiale proiettato, maggiore sarà il consumo) e a consentire la migliore aderenza (sufficiente grado di ruvidità):



#### 2. Pulizia e temperatura del supporto

Prima dell'applicazione della membrana la superficie del supporto dovrà essere omogeneamente pulita e preinumidita mediante uso di aria compressa e acqua. Nel caso in cui la superficie presentasse polvere indurita, residui di gas di scarico, tracce di agenti disarmanti, di stagionanti, di bentonite, ecc., si procederà con una pulizia con acqua ad alta pressione (dell'ordine di 1400 bar).

Al momento dell'applicazione della membrana, non vi dovrà essere acqua stagnante né percolante né tanto meno acqua in pressione. In caso di significative venute d'acqua, potranno opportunamente impiegarsi, secondo la usuale prassi, resine poliuretaniche quali la Meyco MP 355 1K della Basf CC Italia Spa o prodotto similare.

La temperatura sia del supporto sia ambientale dovrà essere compresa tra +5 °C e +40 °C.

### *3. Applicazione della membrana*

La membrana impermeabile a spruzzo Masterseal 345 si presenta sottoforma di polvere, non contenente sostanze tossiche, e può essere applicata a secco, con una pompa elettropneumatica del tipo Meyco Piccola o similare, a umido, oppure con un sistema robotico con pompa Meyco Logica.

La procedura di applicazione a secco sarà così articolata:

a) la pompa dovrà essere completamente asciutta.

Ci si atterrà opportunamente ai seguenti parametri operativi:

- ✓ volume d'aria minimo: 10m<sup>3</sup>/minuto
- ✓ pressione dell'aria: 7 bar
- ✓ pressione dell'acqua: 6 bar
- ✓ il compressore dovrà essere equipaggiato preferibilmente di un mezzo di deumidificazione all'uscita in quanto, spesso, l'aria proveniente dai compressori risulta piena di acqua di condensa.

Possibilmente ci si atterrà anche alle seguenti condizioni operative ai fini di una migliore stagionatura:

- ✓ umidità dell'ambiente: < 90%
- ✓ ventilazione: ottimale con una velocità dell'aria ambientale, nell'area di lavoro, maggiore di 1 m/sec.

b) Il prodotto tal quale verrà versato nella tramoggia e successivamente verranno aggiunte acqua e aria. L'acqua aggiunta sarà compresa tra il 30 e il 50% in peso sul prodotto secco.

Indicativamente, la normale velocità di consumo sarà di 8 - 10 kg/minuto con l'aggiunta di acqua a 3 – 4 litri/minuto. Inizialmente la pompa girerà lentamente.

c) Una volta che il materiale raggiungerà l'ugello, opportunamente si testerà la reologia dell'impasto in modo da poter regolare la pressione di pompaggio. La

pressione dell'aria all'ugello dovrà consentire una proiezione del prodotto a una distanza di 2 metri circa. L'operatore dovrà manipolare la lancia in modo da garantire il ricoprimento omogeneo della superficie di applicazione ed effettuerà la proiezione della membrana mediante movimenti circolari con passate parallele. In caso di fermi occasionali, si dovrà sfiatare la mandata entro un fusto d'acqua per evitare eccesso di polvere nella zona operativa.

Nel caso di applicazione a umido, il prodotto verrà preventivamente miscelato con acqua, sempre in ragione del 30-50% in peso, e successivamente il materiale così composto verrà introdotto nella pompa per la proiezione.

In entrambe le modalità applicative, l'abilità dell'operatore dovrà garantire che lo spessore finale sia di almeno 3 mm, omogeneamente diffuso.

Per applicazioni di larga scala, la realizzazione mediante attrezzature automatizzate della proiezione di Masterseal 345 offre diversi vantaggi. Un sistema totalmente automatico robotizzato, tipo Meyco Logica, consentirà di realizzare considerevoli applicazioni mantenendo costante la quantità di materiale e quindi lo spessore della membrana. L'applicazione della membrana verrà effettuata a considerevole velocità ottimizzando il consumo di materiale e garantendo al contempo l'omogeneità dello spessore. È cruciale che le irregolarità della superficie siano ridotte al minimo per sfruttare al meglio i vantaggi legati a questa tecnologia. Con l'applicazione meccanizzata si potrà ridurre a due il numero di operatori necessari ad eseguire il lavoro. Quando si applicherà Masterseal 345 utilizzando un'attrezzatura Meyco Logica la procedura operativa consisterà dei seguenti passaggi:

- ✓ la lancia sarà montata su un braccio robotico con controllo a distanza
- ✓ la superficie verrà scansionata (sistema laser a memoria digitale) in campi di 3 metri di lunghezza
- ✓ l'applicazione della membrana sarà eseguita in modo totalmente automatico dal braccio robotico, che provvederà alla realizzazione di uno strato omogeneo di prodotto.

Ciò offre numerosi vantaggi:

- ✓ rapida applicazione - maggiore produttività
- ✓ spessore omogeneo della membrana
- ✓ minore possibilità di difetti, maggiore qualità
- ✓ minor consumo medio di prodotto (grazie ad una minor variabilità dello spessore)
- ✓ migliori condizioni dell'ambiente di lavoro
- ✓ minore necessità di forza lavoro.

La sequenza operativa sarà così articolata:

- ✓ umidità dell'ambiente: < 90%
- ✓ scansione della superficie

- ✓ proiezione d'acqua per bagnare la superficie da trattare
- ✓ inizio applicazione con parametri predeterminati di distanza lancia-superficie, velocità della lancia e portata della pompa
- ✓ quando il braccio completerà la zona scansionata, termineranno in sequenza il pompaggio del prodotto, dell'acqua e quindi dell'aria
- ✓ posizionamento della macchina per la scansione dell'area adiacente.

Al fine di ottenere un consumo corretto di materiale durante la proiezione e, quindi, una membrana dello spessore determinato, sarà necessario regolare la distanza dell'ugello dalla superficie, la velocità della lancia, così come la portata di prodotto. Ciò si realizzerà mediante delle prove preliminari che dovranno essere accuratamente monitorate. Il procedimento operativo sarà il seguente:

- ✓ regolazione della distanza ugello-superficie (~ 2 m)
- ✓ velocità della lancia ~ 0,15 m/s
- ✓ inizio proiezione e regolazione della pompa sino ad ottenere una copertura consistente (ispezione visiva)
- ✓ verifica dei risultati mediante misurazione dello spessore e regolazione della pompa in funzione dei risultati riscontrati
- ✓ memorizzazione dei parametri di utilizzo.

Per avere un consumo costante di prodotto per m<sup>2</sup> si dovranno tenere fissi i seguenti tre parametri:

- ✓ distanza lancia - supporto
- ✓ velocità di movimento braccio/lancia
- ✓ velocità di pompaggio.

Per una corretta proiezione per via secca della membrana Masterseal 345 è importante che vengano rispettate le seguenti condizioni ambientali:

- ✓ temperatura dell'aria superiore a 5°C; il prodotto, una volta applicato, non deve gelare durante il periodo di stagionatura (28 gg)
- ✓ umidità dell'aria (ottimale al di sotto del 90%)
- ✓ ventilazione (ottimale con flusso d'aria maggiore di 1 m/sec).

#### 4. *Controlli in corso d'opera*

Durante l'applicazione si procederà alla valutazione dello spessore applicato secondo una delle seguenti modalità:

- a) mediante un misuratore di profondità tipo quello in figura:

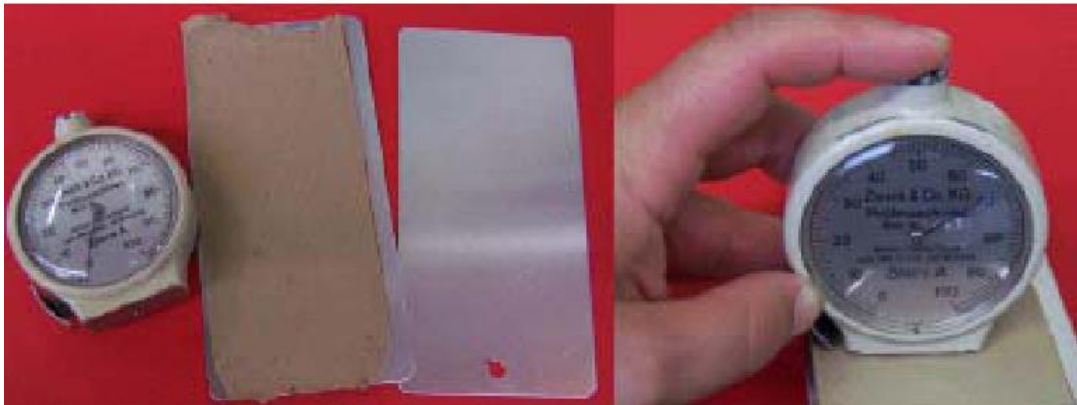




- b) calcolando il peso di prodotto applicato su un'area preventivamente definita
- c) mediante il taglio della membrana applicata su aree di 5 x 5 cm dopo che la membrana stessa avrà raggiunto una sufficiente stagionatura. Tale procedura risulta però invasiva e sarà adottata in casi per lo più di seri dubbi sullo spessore applicato. Le zone ispezionate saranno ripristinate con una nuova applicazione a mano della membrana.

#### 5. Stagionatura e sovraspruzzabilità

Allo scopo di valutare la stagionatura e la possibilità di proiezioni successive della membrana in più strati ci si atterrà alla procedura prevista dalle DIN 53505 o ASTM D 676 con la valutazione dell'indice Shore A (valutazione della durezza superficiale). Adottando la procedura di tali metodi qui illustrata:



#### Trattamento di aree con percolamenti

In aree con percolamenti, in cui non sarà possibile applicare direttamente la membrana impermeabile Masterseal 345 a contatto con il calcestruzzo, potrà essere adottata una delle seguenti soluzioni di intervento:

##### 1. Geomembrana

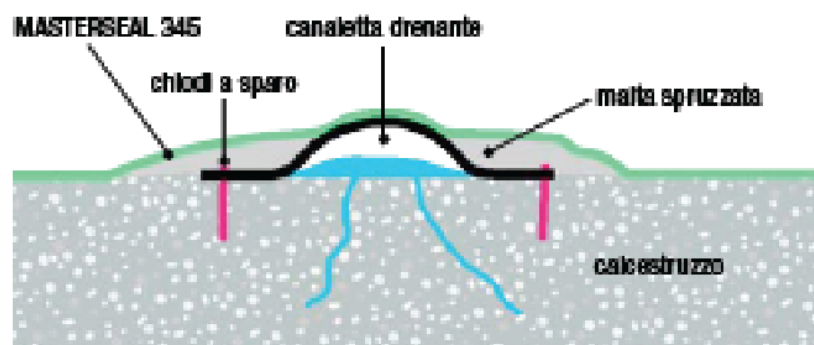
Nelle eventuali aree particolarmente difficili da trattare, in presenza di percolamenti e venute d'acqua, si propone di abbinare la membrana Masterseal 345 ad una geomembrana. Il geocomposito dovrà assolvere alle seguenti funzioni: Il geocomposito dovrà essere in possesso di regolare marcatura CE secondo la EN 13252 e secondo la EN 13967.

- ✓ Combinazione con Masterseal 345: è indispensabile che il geocomposito sia stato preventivamente testato in cantiere in combinazione con Masterseal 345 su una superficie con estensione rappresentativa ( $\geq 500 \text{ m}^2$ ).
- ✓ Il geocomposito deve avere una classificazione di reazione al fuoco di classe B2 secondo la DIN 4102.

## 2. Canalette drenanti

Per trattare preventivamente le infiltrazioni d'acqua potranno essere utilizzati sistemi prefabbricati di canalette drenanti o tubi a mezza sezione. Semplice ed economico risulta l'utilizzo di dreni in PVC, rinforzati in fibra di vetro e opportunamente sagomati per poter essere fissati alla parete mediante chiodi a sparo, come rappresentato nell'immagine sottostante.

### Installazione di un mezzo tubo drenante.



L'utilizzo sistematico di questo tipo di soluzione in combinazione con sistemi di raccolta centrali rappresenta l'effettiva realizzazione di un tunnel "drenato".

## 3. Captazione e successiva iniezione di sigillatura

La combinazione di drenaggi ed iniezioni risolverà il problema dei percolamenti puntuali. Prima dell'applicazione della membrana si realizzeranno fori (es.  $\varnothing 10 \text{ mm}$ , profondità 20-40 cm) in corrispondenza dei punti in cui si evidenziano le venute, con lo scopo di raccogliere in ciascun foro la massima quantità d'acqua possibile. Una volta realizzate le perforazioni si installeranno dei piccoli packer protetti da tubicini in gomma (lunghi circa 10 cm). I packer saranno lasciati aperti in modo da permettere all'acqua di fluire. Si potrà quindi spruzzare la membrana Masterseal 345. I fori con i packer garantiranno un drenaggio all'acqua attraverso la membrana, permettendole nel contempo una corretta polimerizzazione.

A polimerizzazione avvenuta (durezza Shore A  $\sim 50$ ), i packer potranno essere iniettati. Nel caso in cui si fosse in presenza di potenziali forti pressioni, si potrà considerare di iniettare i packer dopo aver realizzato il controgetto.

### Applicazione del calcestruzzo o della malta di finitura sulla membrana

Il calcestruzzo o la malta di finitura potranno essere applicati direttamente sulla membrana una volta che questa sarà sufficientemente stagionata. Il valore minimo di

durezza Shore A è di 30 (raccomandato 50). Il valore Shore A pari a 50 sarà raggiunto in media entro 1-2 giorni dall'applicazione della membrana. Temperatura, umidità e ventilazione condizioneranno il tempo di stagionatura (maggiore è la temperatura, minore è l'umidità e maggiore è la ventilazione, più rapida sarà la stagionatura). In condizioni particolarmente severe e sfavorevoli, la durezza richiesta alla membrana per supportare uno strato di shotcrete o calcestruzzo gettato in opera potrà richiedere un tempo molto più lungo, mentre al contrario, in condizioni climatiche particolarmente favorevoli, la stagionatura appropriata si potrà ottenere dopo solo 6 ore.

L'uso di fibre d'acciaio negli strati di calcestruzzo che racchiudono la membrana non causerà alcun danno a quest'ultima. È essenziale che la membrana, una volta raggiunta la maturazione ottimale, venga ricoperta da malta, calcestruzzo proiettato o gettato in sito, al fine di essere protetta da eventuali danni. La membrana in ogni caso dovrà essere protetta dal gelo. Eventuale polvere depositata sulla superficie della membrana stessa andrà preventivamente asportata con aria compressa. Prima dell'applicazione del calcestruzzo a contatto con la membrana sarà buona norma inumidire la membrana con un getto d'acqua, per consentire la reidratazione della stessa e garantire la massima adesione al calcestruzzo.

### ***Cordoli idroespansivi***

Le riprese di getto delle gallerie saranno sigillate mediante water-stop idroespansivo di dimensioni 20x10mm costituito da neoprene e resina espansiva con rivestimento ritardante. In particolare:

- ✓ nelle gallerie naturali i water-stop idroespansivi verranno inseriti nei punti indicati negli elaborati di progetto, tipicamente lungo la ripresa di getto delle murette, in corrispondenza della ripresa di getto dell'arco rovescio;
- ✓ nelle gallerie artificiali i water-stop idroespansivi verranno inseriti tra i successivi conci di getto lungo tutta la superficie delle riprese di getto.

Il water-stop idroespansivo dovrà possedere le seguenti caratteristiche:

- ✓  $g \geq 1,30 \text{ g/cm}^3$
- ✓ durezza A-SHORE  $\geq 40$
- ✓ resistenza a trazione  $\geq 0,25 \text{ KN/cm}^2$
- ✓ allungamento  $\geq 500\%$
- ✓ espansione a contatto con l'acqua sino a tre volte il suo volume originale senza modifiche delle sue caratteristiche di tenuta.

Il materiale dovrà essere qualificato prima dell'impiego.

Le prove dovranno essere effettuate presso laboratori qualificati a cura dell'Appaltatore, sotto il controllo della Direzione Lavori, preliminarmente su materiali approvvigionati in cantiere, prima del loro impiego; successivamente, su materiali prelevati durante il corso dei lavori, ogni volta che la Direzione Lavori lo riterrà opportuno.

La campionatura del materiale dovrà essere fatta secondo la Norma UNI 8202/Parte 1. Dalle prove dovranno risultare soddisfatti i requisiti sopra elencati. Qualora anche da una

sola delle prove di cui sopra risultassero requisiti inferiori a quelli stabiliti, la partita verrà rifiutata e l'Appaltatore dovrà allontanarla immediatamente dal cantiere.

Nel caso di materiali già posti in opera, l'Appaltatore dovrà sospendere la lavorazione e procedere, a sua cura e spese, alla loro rimozione ed alla sostituzione con materiali idonei.

### ***Water-stop in gomma***

Verranno utilizzati water-stop in gomma sigillando le riprese di getto di norma nei seguenti casi:

- ✓ tra rivestimento definitivo del concio d'attacco della galleria naturale e rivestimento della galleria artificiale;
- ✓ nelle gallerie artificiali tra concio di imbocco e concio di sezione corrente;
- ✓ nelle gallerie artificiali tra due conci di sezione corrente alle progressive indicate sugli elaborati di progetto.

Il water-stop in gomma dovrà possedere caratteristiche di impermeabilità, elasticità, resistenza alle azioni aggressive delle soluzioni alcaline acide, resistenza all'invecchiamento. Il water-stop dovrà possedere le seguenti caratteristiche:

- ✓  $g \geq 1,26 \text{ g/cm}^3$
- ✓ durezza A-SHORE  $\geq 73$
- ✓ resistenza a trazione  $\geq 175 \text{ Kg/cm}^2$
- ✓ allungamento a rottura = 350%
- ✓ flessibilità a freddo =  $-30^\circ$
- ✓ dimensioni: larghezza 24 cm, spessore 4 mm.

Il materiale dovrà essere qualificato prima dell'impiego. Le prove dovranno essere effettuate presso laboratori qualificati a cura dell'Appaltatore, sotto il controllo della Direzione Lavori, preliminarmente su materiali approvvigionati in cantiere, prima del loro impiego; successivamente, su materiali prelevati durante il corso dei lavori, ogni volta che la Direzione Lavori lo riterrà opportuno.

La campionatura del materiale dovrà essere fatta secondo la Norma UNI 8202/Parte 1. Dalle prove dovranno risultare soddisfatti i requisiti sopra elencati. Qualora anche da una sola delle prove di cui sopra risultassero requisiti inferiori a quelli stabiliti, la partita verrà rifiutata e l'Appaltatore dovrà allontanarla immediatamente dal cantiere. Nel caso di materiali già posti in opera, l'Appaltatore dovrà sospendere la lavorazione e procedere, a sua cura e spese, alla loro rimozione ed alla sostituzione con materiali idonei.

## **8.2.11 Interventi di preconsolidamento e precontenimento**

### ***Preconsolidamento del fronte di scavo con elementi strutturali in vetroresina***

Il preconsolidamento del fronte di scavo verrà effettuato in gallerie scavate in terreni coesivi, semicoesivi ed in genere di natura argillosa soggetti ad alterazione chimico-fisiche e a fenomeni di estrusione del nucleo di scavo, tendente a muoversi verso la parte già scavata, tali da compromettere la stabilità dell'opera e/o la sicurezza delle lavorazioni.

Il preconsolidamento verrà eseguito mediante elementi strutturali in vetroresina forniti e posti in opera entro prefiori eseguiti in avanzamento, in anticipo sugli scavi, compreso il loro inghisaggio con iniezione di miscela cementizia a bassa pressione.

La distribuzione degli elementi strutturali sul fronte di scavo, il loro orientamento e la loro lunghezza dovranno essere conformi alle previsioni di progetto ed alle prescrizioni della Direzione Lavori, tenendo presente che ciascun rango dovrà avere inizio alla stessa progressiva.

Le tolleranze ammesse sull'assetto geometrico degli elementi strutturali sono le seguenti:

- ✓ la posizione della testa di ciascun elemento strutturale non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm, salvo diverse prescrizioni della Direzione Lavori;
- ✓ la deviazione dell'asse dell'elemento strutturale rispetto all'asse di progetto non dovrà superare l'1%;
- ✓ la lunghezza dell'elemento strutturale non dovrà differire di  $\pm 15$  cm da quella di progetto.

Ogni elemento strutturale che risultasse non conforme alle tolleranze di cui sopra dovrà essere idoneamente sostituito a cura e spese dell'Appaltatore.

L'Appaltatore, a sua cura e spese, dovrà preliminarmente individuare sul fronte di scavo le posizioni degli elementi strutturali da contrassegnare con marche od altro per renderle facilmente individuabili.

La perforazione dovrà essere eseguita a secco con idonea attrezzatura, impiegando preferibilmente utensili ad elica; avrà andamento orizzontale, sub-orizzontale o comunque inclinato; il diametro sarà di 100-110 mm e dovrà essere spinta a qualsiasi profondità oltre il fronte di avanzamento in galleria; compreso l'attraversamento dello strato di conglomerato cementizio spruzzato sul fronte di scavo e degli eventuali strati rocciosi, nonché l'allontanamento dei materiali di risulta ed il trattamento dei fanghi secondo quanto disposto dalle Leggi vigenti.

L'elemento strutturale in vetroresina dovrà essere prodotto con resina poliestere termoindurente rinforzata con fibre di vetro; il contenuto in peso della fibra di vetro non dovrà essere inferiore al 60%.

L'elemento sarà composto da: un tubo in PVC di diametro pari a 0,5''; 3 piatti in vetroresina 40x6 mm ad aderenza migliorata mediante riporto di sabbia quarzosa o resinata; un distanziatore in materiale plastico ad interasse di circa 1m; valvole di iniezione nella quantità indicata nel progetto.

La lunghezza dell'elemento dovrà essere, conforme a quella di progetto, ottenuto preferibilmente con una unica barra; ove si dovessero effettuare giunzioni, resta a carico dell'Appaltatore la fornitura dei necessari manicotti e collanti che dovranno garantire, anche in corrispondenza del giunto, la medesima resistenza a trazione e taglio. Tra due successivi campi di avanzamento la sovrapposizione minima dei tubi in vetroresina dovrà essere minimo di almeno 6 m. I requisiti minimi (resistenza, deformabilità etc.) degli elementi strutturali in vetroresina, indicati di seguito e negli elaborati progettuali, andranno rispettati anche a seguito di eventuali variazioni geometriche delle barre che

l'Appaltatore volesse apportare, ed andranno comunque sottoposte all'approvazione della Direzioni Lavori e del Progettista con congruo anticipo.

Di seguito si riportano le caratteristiche meccaniche degli elementi:

- |                                       |                        |
|---------------------------------------|------------------------|
| ✓ densità (UNI 7092-72)               | ≥ 1,9 t/m <sup>3</sup> |
| ✓ resistenza a trazione (UNI EN 61)   | ≥ 950 MPa              |
| ✓ modulo elastico (UNI EN 61)         | ≥ 15000 MPa            |
| ✓ contenuto in vetro                  | ≥ 60%                  |
| ✓ resistenza a taglio (ASTM D 732 85) | ≥ 140 MPa              |

Ogni elemento strutturale dovrà essere corredato dei dispositivi per le iniezioni di bloccaggio ed in particolare: tappo di fondo, tubo di sfogo aria, valvola di non ritorno, cianfrinatura a bocca preforo.

L'elemento dovrà essere introdotto nel perforo mediante apposita attrezzatura; si procederà quindi al suo inghisaggio mediante una miscela cementizia (antiritiro) iniettata a bassa pressione riempiendo l'intercapedine tra elemento e la parete del foro.

L'introduzione dell'elemento e l'esecuzione delle iniezioni devono essere effettuate in una fase immediatamente successiva a quella di perforazione.

Non dovrà trascorrere più di 1 ora tra le due fasi.

La miscela di guaina dovrà essere additivata con idonei acceleranti di presa e dovrà avere un rapporto acqua/cemento ≤0,55 La resistenza a compressione media dopo 48 ore dovrà risultare maggiore o uguale a 5 MPa.

L'iniezione dovrà essere proseguita fino a totale riempimento e la valvola di non ritorno dovrà garantire il mantenimento della bassa pressione per il tempo di presa della miscela cementizia.

In corso d'opera, si dovranno eseguire una serie di prove a sfilamento, atte a verificare l'idoneità e la fattibilità delle modalità prescelte, nonché le ipotesi assunte in sede di progettazione.

Sulla miscela cementizia impiegata, dovranno essere effettuati i medesimi accertamenti riportati nel paragrafo 5.3.1 del presente Capitolato.

### ***Preconsolidamento del terreno al contorno dello scavo mediante iniezioni di miscele cementizie***

È un intervento che modifica le caratteristiche meccaniche (resistenza e deformabilità) ed idrauliche (permeabilità) del terreno attraverso l'immissione di adeguate miscele effettuata da tubi in acciaio, o vetroresina o pvc. valvolati e cementati in appositi fori di piccolo diametro eseguiti in avanzamento.

I trattamenti possono essere "di impregnazione" quando riempiono i vuoti esistenti nel terreno senza alterare le loro dimensioni, oppure possono servire per "ricomprimere" terreni a bassa permeabilità, in modo da formare ramificazioni o bulbi concentrati con miscele non penetrabili nel mezzo interessato.

La tecnica di iniezione, definita la geometria del trattamento, consiste nell'eseguire un numero necessario di perforazioni a rotazione o a rotopercolazione (100÷120 mm) che dovranno dare il minore disturbo possibile al terreno.

Nella perforazione viene inserito un tubo valvolato protetto da una guaina e successivamente iniettato. Durante l'iniezione a bassa pressione si verifica la rottura della guaina nella zona intorno alle valvole permettendo il passaggio delle miscele iniettate nel terreno circostante, impedendone contemporaneamente il rientro.

I parametri che regolano il trattamento sono:

- ✓ il volume della miscela in rapporto al volume di terreno da trattare
- ✓ la portata
- ✓ la pressione

I quantitativi delle miscele da iniettare attraverso una valvola sono stabiliti tenendo conto di:

- ✓ riempimento effettivo di almeno il 50% dei vuoti;
- ✓ dispersione oltre il limite previsto;
- ✓ probabile drenaggio delle sospensioni.

La pressione sopportabile dai tubi di iniezione aumenta all'aumentare delle caratteristiche di resistenza dei materiali che li costituiscono: pvc, vetroresina e acciaio.

Sono iniettabili, oltre alle grandi cavità (carsiche ecc.):

- ✓ tutti i tipi di terreno alluvionale o detritico fino a un certo limite inferiore di permeabilità (dalle ghiaie ai limisabbiosi);
- ✓ le fessure nelle rocce (da carsiche a microfessure).

Le iniezioni servono per conferire al terreno elevati valori di resistenza, oppure per renderlo impermeabile o entrambi gli effetti contemporaneamente.

I trattamenti possono definirsi di "impregnazione" se il riempimento avviene senza modificare i contatti intergranulari: in questo modo si conferisce al terreno la coesione della miscela iniettata mantenendo invariato l'angolo di attrito interno. Nel caso in cui l'iniezione sia spinta oltre al riempimento, si ha una compattazione dei terreni a granulometria più fine.

I materiali iniettati, dovranno soddisfare ai requisiti di carattere ambientale ed ecologico, così come indicato nella attuale Legislazione in materia e successive modifiche.

Le iniezioni saranno eseguite in avanzamento, in anticipo sugli scavi, sul contorno della sezione di scavo, secondo le indicazioni di progetto.

Le iniezioni saranno effettuate impiegando, secondo le indicazioni di progetto, elementi strutturali in VTR valvolati con 2 vlv/m o tubi in acciaio  $\geq$  Fe 430,  $\Phi$  88,9 mm Sp. 10 mm, valvolati con 2 vlv/m senza saldatura longitudinale (UNI 7806) o in alternativa con saldatura senza apporto di materiale (UNI 7810) e quanto altro occorra per la perfetta efficienza dell'elemento, corredato del tappo di fondo, del tubo di sfogo dell'aria e delle valvole per l'iniezione, costituite da manicotti in gomma di spessore 3,5 mm, i quali verranno introdotti in appositi prefori all'interno del terreno da consolidare. La canna valvolata dovrà essere prolungata fino a fuoriuscire a boccaforo per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezione.

I prefori, eseguiti sul contorno della sezione di scavo della galleria e in avanzamento rispetto al fronte di scavo, potranno essere orizzontali, sub-orizzontali o comunque inclinati, con diametro di 100-120 mm, e se necessario eventualmente rivestiti.

Preliminarmente verranno eseguite iniezioni di guaina tra le pareti del perforo ed il tubo e successivamente quelle di consolidamento, iniettando in pressione attraverso le valvole. Tali iniezioni verranno eseguite in più fasi con miscele cementizie additivate eseguite a bassa pressione tra tubo e preforo e tale da funzionare da valvola di tenuta sino ad una pressione non inferiore a 50 kPa, e ripetute ad alta pressione, attraverso le valvole per il preconsolidamento.

Per ogni valvola di iniezione, a seguito di apposito campo-prova, da realizzare prima dell'inizio degli interventi, dovranno essere assegnati i seguenti parametri:

- ✓ volume massimo  $V_{max}$  (litri);
- ✓ portata (litri/min);
- ✓ eventuale pressione massima  $p_{max}$ .

Il terreno consolidato dovrà presentare le caratteristiche meccaniche esposte nella tabella che segue, uniformemente distribuite nell'ambito dei volumi interessati.

Nella eventualità che le prove preliminari non garantissero il raggiungimento delle seguenti caratteristiche meccaniche il trattamento dovrà essere abbandonato.

Caratteristiche meccaniche del terreno consolidato	Intervallo della prova	
	dopo 48 h dalla iniezione	dopo 7 giorni dalla iniezione
Resistenza a compressione semplice	> 1 MPa	> 1,5 MPa
R.Q.D. (indice di recupero modificato) espresso come percentuale di recupero del carotaggio tenendo conto degli spezzoni di carota di lunghezza $\geq 100$ mm.	50%	70%

Qualora dalle prove c'è anche uno solo dei sottoelencati valori relativi al terreno consolidato:

- ✓ spessore dello strato;
- ✓ resistenza a compressione semplice;
- ✓ R.Q.D.;

sono variati rispetto a quanto stabilito in progetto e a quanto indicato in tabella, con scostamenti in negativo superiori al 10%, senza che peraltro si siano verificati rilasci o frammenti, verrà applicata una penale.

Nel caso dovessero verificarsi rilasci o frammenti, tutti gli oneri conseguenti, in essi compresi a titolo esemplificativo i trattamenti Provvisori di consolidamento di qualsiasi genere ed entità, lo sgombero dei materiali franati ed il ripristino della sezione di scavo, sono a totale ed esclusivo carico dell'Appaltatore.

La D.L. potrà in ogni caso ordinare che si proceda ad ulteriori prove di controllo, il tutto a cura e spese dell'Appaltatore.



L'Appaltatore, a sua totale cura e spese e sotto il controllo della Direzione Lavori, provvederà alla messa a punto della tecnologia d'intervento definendo:

- ✓ la composizione delle miscele;
- ✓ la finezza del cemento;
- ✓ la pressione di iniezione;

L'Appaltatore dovrà inoltre eseguire, sempre a sua cura, sotto il controllo della Direzione Lavori, la verifica degli effetti indotti nel terreno ed infine l'accertamento dell'uniformità e delle caratteristiche meccaniche del terreno consolidato mediante prove in sito ed in laboratorio su campioni prelevati con carotaggi.

L'Appaltatore avrà la responsabilità circa il raggiungimento delle prescrizioni progettuali in termini di spessore e resistenza del terreno consolidato.

Nella eventualità che queste non vengano raggiunte, l'Appaltatore dovrà a sua cura e spese procedere all'integrazione dei trattamenti per il raggiungimento delle prescrizioni progettuali.

Le attrezzature impiegate dovranno essere in grado di eseguire le lavorazioni richieste con la necessaria continuità per assicurare la uniformità dei trattamenti; i tubi di iniezione dovranno essere atti a resistere a pressioni non inferiori a 12 MPa; l'impianto di miscelazione dovrà essere munito di dispositivo di pesatura del cemento e di misura dell'acqua, dosatore di additivi e contacikli di miscelazione progressivo; la centrale di iniezione sarà attrezzata con pompe ad alta pressione munite di manometri posti a bocca foro, con certificato ufficiale di taratura.

Lo scavo della galleria in corrispondenza delle tratte consolidate dovrà essere condotto dall'Appaltatore con le dovute cautele, verificando in avanzamento l'efficacia dei trattamenti effettuati.

Qualora si dovessero riscontrare variazioni sensibili nelle caratteristiche dei terreni attraversati rispetto a quelle assunte inizialmente per la messa a punto del sistema, l'Appaltatore, a sua cura e spese, dovrà verificare puntualmente l'idoneità dei parametri adottati provvedendo eventualmente ad una loro ritaratura in corso d'opera.

L'Appaltatore in ogni caso dovrà procedere a continui sondaggi nei trattamenti effettuati per verificare la rispondenza alle prescrizioni progettuali relativamente a resistenze e spessori.

A cura dell'Appaltatore si considerano: il campo prove; le verifiche in avanzamento; la documentazione dei lavori; l'ubicazione dei punti di trattamento; le operazioni di perforazione ed infissione dei tubi valvolati; l'esecuzione delle iniezioni di guaina e di quelle di consolidamento, compreso la fornitura di tutti i materiali ed in particolare:

- ✓ il cemento da impiegare nelle iniezioni di guaina e di consolidamento in terreni molto aperti, caratterizzati da un coefficiente di permeabilità fino a  $10^{-2}$  m/s, sarà cemento del tipo normale;
- ✓ per le iniezioni di consolidamento in terreni con coefficiente di permeabilità minori di  $10^{-2}$  si useranno cementi microfini, con superficie specifica Blaine fino a 12.000 cm<sup>2</sup>/g; acqua; additivi fluidificanti, ecc.;

sono altresì a carico dell'Appaltatore eventuali superfici di parete consolidata eccedenti le dimensioni teoriche di progetto.

***Presostegno mediante tubi metallici valvolati ed iniettati***

I tubi metallici valvolati ed iniettati sono posti in opera preventivamente dal fronte di scavo sull'estradosso della sezione di avanzamento in calotta.

I tubi valvolati verranno connessi al terreno mediante iniezione a bassa pressione nella cavità anulare tra tubo e pareti del perforo e saranno successivamente iniettati in più fasi in pressione attraverso le valvole dall'interno dei tubi.

I tubi dovranno essere disposti in posizione orizzontale o sub orizzontale con geometria tronco conica e inclinati radialmente rispetto all'asse della galleria.

Le caratteristiche dimensionali, la disposizione e le fasi di esecuzione dovranno essere conformi alle previsioni di progetto.

Prima di iniziare ciascun campo di perforazione l'Appaltatore dovrà a sua cura e spese, individuare sul fronte di avanzamento le posizioni dei tubi da contrassegnare opportunamente, in modo da renderle facilmente individuabili.

Eventualmente si potranno predisporre, delle dime di guida a tergo delle macchine perforatrici.

Le tolleranze, rispetto alle indicazioni previste in progetto per queste lavorazioni devono essere contenute nei seguenti limiti:

- ✓ la posizione della testa di ciascun elemento strutturale non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm, salvo diverse prescrizioni della Direzione Lavori;
- ✓ la deviazione dell'asse dell'elemento strutturale rispetto all'asse di progetto non dovrà superare l'1%;
- ✓ la lunghezza dell'elemento strutturale 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 tubo che risultasse non conforme alle tolleranze di cui sopra dovrà essere idoneamente sostituito a cura e spese dell'Appaltatore.

Le tecniche di perforazione e le modalità di iniezione dovranno essere definite in relazione alla natura dei materiali da attraversare ed alle caratteristiche idrogeologiche locali.

La scelta delle attrezzature ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere messi a punto mediante l'esecuzione preliminare di tubi di prova, ordinati dalla Direzione Lavori.

In particolare, le attrezzature di perforazione dovranno rispondere ai seguenti requisiti:

- ✓ possibilità di eseguire, senza manovre d'asta, perforazioni con rivestimento provvisorio fino ad almeno 14,00 m di lunghezza, con agevole e preciso posizionamento dei fori secondo la geometria tronco-conica tipica

dell'applicazione;

- ✓ testa di rotazione con foro passante e con ingombro verso l'esterno non eccedente 30 cm rispetto all'asse della perforazione;
- ✓ slitta di scorrimento di costruzione sufficientemente rigida, dispositivi di guida delle aste ed apparecchi di stazionamento dell'attrezzatura tali da assicurare il rispetto delle tolleranze geometriche prescritte; la slitta non dovrà comunque subire spostamenti elastici superiori a 5 mm a seguito dell'applicazione, ad una qualsiasi delle sue estremità, di una forza di 100 kg in qualunque direzione nel piano ortogonale dell'asse di perforazione.

La perforazione deve essere condotta impiegando utensili atti ad ottenere fori del diametro previsto in progetto, e comunque non inferiore a 100 mm, ed a consentire la regolarità delle successive operazioni di inserimento dei tubi e di iniezione, in materiali di qualsiasi natura, durezza e consistenza, anche in presenza di acqua di qualunque entità e pressione, mediante l'impiego di sonde a rotazione o rotopercolazione.

Qualora le caratteristiche dei terreni o la presenza di acqua lo richiedesse, il foro dovrà essere sostenuto mediante idonee tubazioni durante la perforazione e le fasi successive.

Al termine della perforazione il preforo dovrà essere accuratamente sgomberato dai detriti.

Le perforazioni dovranno essere eseguite senza impiego di acqua.

L'ordine di posa in opera dei tubi nell'ambito di ciascun campo dovrà assicurare la non interferenza delle perforazioni e delle iniezioni con prefori in corso o in attesa di iniezione.

Le armature metalliche dovranno essere costituite da tubi in acciaio tipo  $\geq$  Fe 430, con estensione, diametro e spessore come previsto in progetto, valvolati con 2 vlv/m, senza saldatura longitudinale (UNI 7806) o in alternativa con saldatura senza apporto di materiale (UNI 7810).

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 saranno costituite da manicotti di gomma di spessore minimo 3,5 mm, aderenti al tubo e mantenuti in posto mediante anelli in fili d'acciaio (diametro 4 mm) saldati al tubo in corrispondenza dei bordi del manicotto.

Nel caso si utilizzi il tubo valvolato come rivestimento del foro, le valvole dovranno essere adeguatamente protette.

La valvola più bassa sarà posta subito sopra il fondello che occlude la base del tubo.

Ove richiesto le armature tubolari dovranno essere dotate di distanziatori non metallici e dispositivi di centraggio per assicurare un copriferro minimo di 1,5 cm, posizionati di preferenza sui manicotti di giunzione.

L'introduzione dell'armatura tubolare e la esecuzione delle iniezioni devono essere iniziate in una fase immediatamente successiva alla perforazione.

In caso contrario la perforatrice resterà in posizione fino alla successiva ripresa del lavoro e si dovrà provvedere alla pulizia del preforo, 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.

Si ribadisce che quando la perforazione viene eseguita con l'impiego di rivestimento provvisorio, l'inserimento dell'armatura metallica deve precedere l'estrazione dello stesso rivestimento provvisorio ed essere seguito immediatamente dal riempimento della cavità anulare compresa tra tubo e pareti del preforo.

Le fasi della iniezione per i tubi valvolati sono le seguenti, fatte salve diverse prescrizioni che la Direzione Lavori potrà impartire in sede esecutiva:

1. riempimento della cavità anulare compresa tra il tubo e le pareti del preforo, ottenuto alimentando con apposito condotto di iniezione ed otturatore semplice la valvola più lontana. Trattandosi di prefori posti di norma in posizione sub-orizzontale o inclinati verso l'alto, dovranno essere adottati opportuni accorgimenti (tubetti di sfiato, otturatore sulla bocca del preforo, ecc.) per evitare che la miscela cementizia riempi solo parzialmente la cavità o ne fuoriesca;
2. lavaggio con acqua dell'interno del tubo;
3. avvenuta la presa della miscela precedentemente iniettata, si inietteranno in pressione valvola per valvola volumi di miscela non eccedenti il sestuplo del volume del preforo avendo cura di non superare durante l'iniezione la pressione corrispondente alla fratturazione idraulica del terreno ("claquage");
4. avvenuta la presa della malta precedentemente iniettata, si ripeterà l'iniezione in pressione, previo lavaggio con acqua all'interno del tubo, limitatamente alle valvole per le quali il volume di miscela iniettata non abbia raggiunto il limite di cui al punto 3 a causa della incipiente fratturazione idraulica del terreno;
5. le pressioni residue di iniezione, misurate a bocca foro al raggiungimento del limite volumetrico, non superino 0,7 MPa.

Qualora nel corso delle iniezioni si riscontrassero assorbimento anomali di miscela, la Direzione Lavori ordinerà l'adozione dei provvedimenti e/o cautele che riterrà più idonei.

Al termine delle iniezioni si riempirà anche l'interno del tubo.

Le malte cementizie utilizzate per la iniezione dovranno avere la seguente composizione, salvo diverse indicazioni della D.L. d'intesa con il progettista, in seguito ai risultati ottenuti su iniezioni di prova:

- ✓ cemento tipo 4,25: 100 kg;
- ✓ acqua: 50kg;
- ✓ bentonite: 0-2 kg;
- ✓ eventuale additivo antiritiro.

Durante la posa in opera si dovranno prelevare campioni della miscela di iniezione.

### ***Precontenimento mediante jet-grouting sub-orizzontale***

Si tratta di interventi di precontenimento in cui il terreno viene consolidato mediante disgregazione miscelazione con una miscela legante di acqua-cemento immessa a getto ad altissima pressione.

Nell'interno delle gallerie i trattamenti saranno eseguiti secondo le previsioni di progetto e le prescrizioni della Direzione Lavori dal fronte di scavo, in anticipo sugli scavi in avanzamento, con andamento orizzontale o sub orizzontale. Le colonne saranno compenstrate a geometria tronco conica, per formare un arco di terreno consolidato intorno alla sezione di scavo ed isolate a consolidare il nucleo di terreno al fronte.

Le colonne del terreno consolidato dovranno presentare diametro non inferiore a quello previsto in progetto, i trattamenti eseguiti in avanzamento dal fronte di scavo, con andamento tronco conico, dovranno presentare l'inclinazione radiale rispetto all'asse della galleria pari a quella di progetto.

Le tecniche di perforazione e le modalità di iniezione della miscela stabilizzante dovranno essere messe a punto, in relazione alla natura dei materiali da trattare ed alle caratteristiche idrogeologiche locali, mediante esecuzione di colonne di prova in un numero rapportato alla quantità di trattamenti previsti in progetto, tali modalità operative dovranno essere concordate con la D.L., unitamente alla sequenza di esecuzione delle singole tratte o aree di intervento.

Le attrezzature di perforazione dovranno essere tali da garantire la continuità della colonna.

La parte inferiore dell'antenna dovrà essere dotata di evidenti contrassegni posti ad interasse di 10 cm (in prossimità delle aste per una lunghezza totale di almeno 100 cm) allo scopo di poter effettuare un controllo visivo della velocità di risalita.

Il controllo della velocità di rotazione delle aste durante l'iniezione dovrà essere effettuato preferibilmente tramite un'apposita strumentazione di iniezione.

Dovranno inoltre essere eseguite tutte le prove elencate nel Capitolo 3 del presente Capitolato, ed inoltre l'esecuzione di un carotaggio continuo per tutta la lunghezza della lunghezza delle colonne, posizionato all'intersezione di due colonne contigue compenstrate.

Se dalle prove di cui sopra risulterà che non sono stati raggiunti i limiti di resistenza e continuità previsti, la Direzione Lavori verificherà il sistema ed eventualmente proporrà al Progettista la revisione del progetto.

Le attrezzature di perforazione dovranno essere idonee a garantire deviazioni non superiori all' 1% rispetto all'asse teorico.

Dovranno essere muniti di dispositivi di comando e di contagiri per il controllo della velocità di rotazione delle aste ed inoltre di dispositivo per la regolazione della velocità di estrazione delle aste stesse (temporizzatore a scatti o simili).

L'impianto di miscelazione dovrà essere del tipo a cicli ripetitivi con polmone di accumulo ed agitatore di miscela e munito di dispositivo di pesatura del cemento e di misura dell'acqua, dosatore di additivi e contacikli di miscelazione progressivo.

La centrale di iniezione sarà attrezzata con pompe ad alta pressione,  $\geq 30$  MPa, dotate di manometri posti a bocca foro, muniti di certificato ufficiale di taratura.

Le tolleranze ammesse sull'assetto geometrico delle colonne di terreno consolidato sono le seguenti:

- ✓ la posizione dell'asse di ciascun punto di trattamento non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm, salvo diverse prescrizioni della Direzione Lavori;
- ✓ la deviazione dell'asse della colonna rispetto all'asse di progetto non dovrà essere maggiore del 1%;
- ✓ la lunghezza non dovrà differire di  $\pm 15$  cm da quella di progetto;
- ✓ il diametro delle colonne non dovrà in nessun caso risultare inferiore a quello nominale indicato in progetto.

Preliminarmente all'inizio delle perforazioni, l'Appaltatore, a sua cura e spese, provvederà ad ubicare e contrassegnare con marche od altro l'asse di ciascun punto di trattamento; alla Direzione Lavori dovrà presentare la mappa dei trattamenti con la posizione dei punti contrassegnata con un numero progressivo ed inoltre un programma cronologico di perforazione ed iniezione elaborato in modo da minimizzare gli effetti negativi della perforazione/iniezione sulle colonne consolidate già eseguite.

Eventualmente si potrà inoltre predisporre, sempre a cura e spese dell'Appaltatore, delle dime di guida a tergo delle macchine esecutrici le perforazioni.

Le fasi di lavorazione comprendono:

- ✓ la perforazione a rotazione o rotopercussione di diametro adeguato, eseguita, se necessario con impiego di rivestimento provvisorio;
- ✓ l'iniezione di una miscela di acqua e cemento tipo 4,25, nel rapporto in peso secondo quanto indicato nel progetto, con l'eventuale impiego di additivi stabilizzanti, fluidificanti, acceleranti o ritardanti di presa, espansivi, impermeabilizzanti, antidilavamento, ecc., secondo le disposizioni della Direzione Lavori;
- ✓ la sigillatura del foro, ad iniezione ultimata, per impedire la fuoriuscita della miscela.

La miscela fuoriesce dagli ugelli posti alla estremità inferiore delle aste di iniezione, a queste ultime viene impresso un moto di rotazione ed estrazione a velocità predeterminata.

Tali parametri, così come tutti gli altri parametri di iniezione, dovranno essere scelti in modo tale da far sì che questi garantiscano la realizzazione delle colonne con le volute caratteristiche.

I valori tipici di questi parametri sono riportati nel corrispondente punto della sezione "Consolidamenti" del presente Capitolato.

In particolare, nel caso che le colonne debbano essere realizzate a breve distanza l'una dall'altra, o tra loro compenstrate, la successione spaziale a temporale di esecuzione di esecuzione delle colonne deve essere stabilito tenendo conto del tempo di maturazione delle miscele iniettate, in modo che la realizzazione delle perforazioni e delle iniezioni non danneggino le colonne già eseguite.

In caso di interruzione (accidentale o meno) dell'iniezione sarà necessario, eliminato l'inconveniente, far ripartire l'iniezione almeno 50 cm al di sotto della quota di interruzione.

La resistenza media a compressione semplice del terreno consolidato dovrà risultare  $\geq 1,5 - 2$  MPa a 28 giorni, salvo diverse indicazioni della Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista, a seguito dei risultati ottenuti sulle colonne di prova.

Il valore R.Q.D. dovrà risultare non inferiore al 70%.

Qualora dalle prove riportate nel punto 2.10, risultasse che anche uno solo dei parametri sottoelencati:

- ✓ tolleranze geometriche (posizione dell'asse, deviazione dell'asse, diametro, lunghezza);
- ✓ resistenza a compressione semplice;
- ✓ valore R.Q.D.;

è variato rispetto a quanto stabilito in precedenza, con scostamenti negativi superiori al 10%, senza che peraltro si siano verificati rilasci o frammenti, verrà applicata una penale.

Nel caso di franamenti o rilasci, dipendenti per cause dipendenti da carenze esecutive dei trattamenti colonnari, tutti gli oneri conseguenti, in essi compresi a titolo esemplificativo i trattamenti provvisori di consolidamento di qualsiasi genere ed entità, lo sgombero di materiali franati ed il ripristino della sezione di scavo, sono a totale ed esclusivo carico dell'Appaltatore.

L'Appaltatore dovrà porre particolare cura alla raccolta e al trattamento dei fanghi di spurgo secondo le Leggi vigenti ed al loro allontanamento.

### **8.3 SPECIFICA DI CONTROLLO**

#### **8.3.1 Disposizioni generali**

La seguente specifica si applica ai vari tipi di lavorazione connesse con la costruzione di gallerie.

La documentazione di riferimento comprende tutta quella contrattuale e, più specificatamente, quella di progetto quale disegni, specifiche tecniche, ecc.; sono altresì comprese tutte le norme tecniche vigenti in materia.

La procedura delle prove di seguito specificata, deve ritenersi come minima e dovrà essere incrementata in ragione della difficoltà e importanza dell'opera.

L'Appaltatore è obbligato comunque ad organizzare per proprio conto, con personale qualificato ed attrezzature adeguate, approvate dalla D.L., un laboratorio di cantiere in cui si procederà ad effettuare tutti gli ulteriori accertamenti di routine ritenuti necessari dalla D.L., per la caratterizzazione dei materiali incontrati negli scavi.

#### **8.3.2 Scavi a cielo aperto**

Nel corso dei lavori, al fine di verificare la rispondenza della effettiva situazione geotecnica-geomeccanica con le ipotesi progettuali, la DL, in contraddittorio con

l'Appaltatore, dovrà effettuare la determinazione delle caratteristiche del terreno o roccia sul fronte di scavo.

***Prove di laboratorio***

Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio.

Terre:

- ✓ analisi granulometrica;
- ✓ determinazione del contenuto naturale di acqua;
- ✓ determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità, nell'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332;
- ✓ eventuale determinazione delle caratteristiche di resistenza a taglio.

Rocce:

- ✓ resistenza a compressione monoassiale.

In presenza di terreni dal comportamento intermedio tra quello di una roccia e quello di una terra, le suddette prove potranno essere integrate al fine di definire con maggior dettaglio la reale situazione geotecnica.

La frequenza delle prove dovrà essere effettuata come segue:

- ✓ ogni 500 m<sup>3</sup> di materiale scavato e ogni 5 m di profondità dello scavo;
- ✓ in occasione di ogni cambiamento manifesto delle caratteristiche litologiche e/o geomeccaniche;
- ✓ ogni qualvolta richiesto dalla DL.

***Prove in sito***

Terre:

si dovrà rilevare l'effettivo sviluppo della stratificazione presente, mediante opportuno rilievo geologico-geotecnico che consenta di identificare le tipologie dei terreni interessati, con le opportune prove di identificazione.

Rocce:

si dovrà procedere al rilevamento geologico-geomeccanico, al fine di identificare la litologia presente e la classe geomeccanica corrispondente mediante l'impiego di opportune classificazioni, nonché l'individuazione della orientazione e delle caratteristiche delle discontinuità presenti. Per tali rilievi, si potrà fare riferimento alle indicazioni progettuali.

Si dovranno effettuare tutte le prove necessarie allo scopo.

Si dovrà in ogni caso verificare la rispondenza delle pendenze e delle quote di progetto, con la frequenza necessaria al caso in esame.

Le risultanze di tali determinazioni dovranno essere supportate da apposito verbale e mediante l'ausilio di un opportuno rilievo lito-stratigrafico.



### **8.3.3 Scavi a foro cieco**

Nel corso dei lavori, al fine di verificare la rispondenza della effettiva situazione geotecnica-geomeccanica con le ipotesi progettuali, la DL, in contraddittorio con l'Appaltatore, dovrà effettuare la determinazione delle caratteristiche del terreno o roccia sul fronte di scavo.

#### ***Prove di laboratorio***

Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

##### Terre:

- ✓ analisi granulometrica;
- ✓ determinazione del contenuto naturale di acqua;
- ✓ determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità, nell'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332;
- ✓ eventuale determinazione delle caratteristiche di resistenza a taglio.

##### Rocce:

- ✓ resistenza a compressione monoassiale.

In presenza di terreni dal comportamento intermedio tra quello di una roccia e quello di una terra, le suddette prove potranno essere integrate al fine di definire con maggior dettaglio la reale situazione geotecnica.

In sito nel caso di terreni si dovrà procedere al rilievo dell'effettivo sviluppo della stratificazione presente, mediante opportuno rilievo geologico-geotecnico che consenta di identificare le tipologie dei terreni interessati, con le opportune prove di identificazione.

Nel caso di ammassi rocciosi si dovrà procedere al rilevamento geologico-geomeccanico, al fine di identificare la litologia presente e le reali situazioni incontrate mediante l'impiego di opportune classificazioni tecniche, là dove applicabili. Per tali rilievi, si potrà fare riferimento alle indicazioni di progetto.

Nel caso di ammassi a comportamento intermedio tra quello di una roccia e quello di un terreno, le suddette metodologie dovranno essere integrate.

Le risultanze di tali determinazioni dovranno essere supportate da apposito verbale e mediante l'ausilio di un opportuno rilievo stratigrafico.

La frequenza delle prove e dei rilievi dovrà essere la seguente:

- ✓ all'inizio dei lavori da ciascun imbocco;
- ✓ in occasione di ogni cambiamento manifesto delle caratteristiche litologiche e/o geomeccaniche;
- ✓ ogni 10 m di avanzamento dello scavo;
- ✓ ogni qualvolta richiesto dalla DL.

### **8.3.4 Monitoraggio**

La raccolta, l'analisi e l'interpretazione dei dati derivanti dalle misure in corso d'opera e durante l'esercizio ha lo scopo di:

- ✓ verificare la validità delle previsioni progettuali attraverso un confronto sistematico, in corso d'opera, tra le stesse previsioni e la risposta tensio-deformativa dell'ammasso all'azione di avanzamento e il comportamento delle strutture di rivestimento di prima fase e definitive, permettendo così di adeguare tempestivamente la tipologia e l'intensità degli interventi previsti, nonché la successione delle lavorazioni;
- ✓ assicurare che l'opera espliciti le sue funzioni, risultando idonea all'esercizio, resistente e stabile senza riduzioni significative della sua integrità o manutenzioni non previste.

Prima dell'inizio dell'esecuzione delle opere sarà predisposto un piano operativo di monitoraggio per il controllo del comportamento del terreno e delle strutture sia durante i lavori che in fase di esercizio. Tale piano sarà redatto a cura dell'Appaltatore sulla base del programma di monitoraggio indicato nel progetto definitivo e, sentito il progettista, sottoposto alla D.L. per l'approvazione.

In tale piano dovranno essere chiaramente indicate le ipotesi formulate per la valutazione delle componenti di spostamento, delle deformazioni e delle sollecitazioni indotte nel terreno e nelle strutture.

Dovranno inoltre risultare le ipotesi sulla caratterizzazione geotecnica dei terreni, che dovranno essere verificate sulla base delle misure che saranno svolte nel corso dei lavori.

Nel piano dovranno infine essere indicati: la frequenza delle letture in corso d'opera ed in fase di esercizio; il periodo di tempo nel quale si devono proseguire le misure durante l'esercizio e la frequenza (semestrale o inferiore) delle letture da effettuare dopo il collaudo, per la vita dell'opera. La definizione della frequenza delle letture si baserà sulle indicazioni fornite dal progettista che sono da considerarsi come valori minimi incrementabili in corso d'opera in funzione del comportamento tensio-deformativo dell'ammasso e delle strutture di rivestimento di prima fase e definitive.

La raccolta, l'analisi e l'interpretazione dei dati derivati dalle misure in corso d'opera e durante l'esercizio dovranno essere condotti con particolare sistematicità e cura, secondo indicazioni che saranno date dalla DL, sentito il progettista, in modo da consentire l'archiviazione e la conseguente creazione di un "data base" da utilizzare a beneficio delle opere che saranno costruite nel futuro.

La lettura e la interpretazione delle misurazioni durante la costruzione e sino alla data di emissione del certificato di collaudo finale, questa compresa, saranno eseguite a cura dell'Appaltatore.

Le misure sono tra l'altro volte a determinare:

- ✓ le deformazioni indotte nel terreno (naturale o consolidato) o nell'ammasso roccioso, durante le operazioni di scavo;
- ✓ i valori e le variazioni delle pressioni neutre nel terreno o nell'ammasso

- roccioso;
- ✓ le deformazioni e le tensioni indotte nelle strutture di rivestimento (di prima fase e definitivo) e negli elementi di rinforzo e stabilizzazione;
- ✓ i carichi agenti sulle strutture.

L'interpretazione delle misure effettuate sui rivestimenti definitivi, in base al complesso delle prove eseguite, dovrà permettere di definire il campo tensio-deformativo esistente nella struttura stessa ed il sistema di carichi esterni che lo determinano.

A tale scopo l'interpretazione si dovrà articolare come segue:

- ✓ determinazione dei legami funzionali tra i risultati di prova e lo stato tensio-deformativo nella struttura;
- ✓ determinazione dei legami funzionali tra situazione tensio-deformativa e carichi esterni, ipotizzando per il rivestimento un comportamento di tipo elastico lineare;
- ✓ analisi numerica dei risultati delle misure al fine di determinare la configurazione dei carichi esterni agenti sul rivestimento e il campo tensio-deformativo ad essa associato;
- ✓ valutazione delle condizioni di sicurezza della galleria.

Dovranno inoltre essere preventivamente definite le ulteriori verifiche necessarie e gli interventi successivi da eseguire nel caso dette sollecitazioni risultino incompatibili con i limiti indicati come sollecitazione ammissibile.

Gli strumenti di misura e le sezioni strumentate da adottare dipendono dalla complessità della situazione geologico-geotecnica, con particolare riguardo alle specifiche condizioni geostrutturali, morfologiche ed idrogeologiche, nonché al previsto comportamento tensio-deformativo del terreno e delle strutture.

La rapidità e la correttezza delle misure assumono fondamentale importanza ed impongono la presenza costante in cantiere di personale qualificato. La decisione circa le eventuali variazioni da introdurre rispetto a quanto previsto in progetto ed in particolare circa gli eventuali interventi integrativi da adottare, dovranno essere assunte rapidamente sentito il Progettista, e dovranno derivare dall'accurata interpretazione dei dati ottenuti.

Il piano di monitoraggio deve tenere conto dell'affidabilità degli strumenti da utilizzare, della loro semplicità nell'installazione e nella relativa misura, della robustezza e, non ultimo, dei possibili disagi che l'allestimento delle sezioni strumentate comporta all'intera organizzazione di cantiere.

La strumentazione posta in opera dovrà inoltre avere alcuni requisiti funzionali che andranno verificati, certificati e documentati anche quando l'evoluzione tecnologica metterà a disposizione materiali più sofisticati e dispositivi più perfezionati:

- ✓ campo di misura o fondo scala ("range");
- ✓ massimo campo di misura sopportato dello strumento ("over range");
- ✓ ripetitività delle misure;
- ✓ precisione;

✓ durabilità ed affidabilità.

I sistemi di monitoraggio dovranno essere concepiti in modo da realizzare il massimo di modularità e interfacciabilità possibile al fine di poter effettuare la centralizzazione dei dati in punti diversi della galleria o all'esterno.

Per ciascuno strumento il Progettista dovrà definire in quale momento procedere alla lettura di zero, e cioè alla definizione della configurazione di riferimento rispetto alla quale confrontare tutti i valori che andranno determinati in seguito. In generale la lettura di zero verrà effettuata il prima possibile, e comunque prima dell'avanzamento del fronte, per le celle di pressione annegate nei getti, tale lettura verrà eseguita all'atto del disarmo. La lettura degli strumenti e l'interpretazione delle misure saranno eseguite il più rapidamente possibile da personale qualificato.

Di seguito si riporta una descrizione sintetica delle principali tipologie di misurazione cui di norma si ricorre per il monitoraggio in galleria.

#### ***Misure di convergenza con mire ottiche***

Consistono nel determinare la variazione in valore assoluto della distanza di uno o più punti di misura posizionati sulle pareti (opposte) del cavo.

I punti di misura sono costituiti da chiodi di convergenza L=80 cm su cui vengono montati prismi ottici traguardati mediante un teodolite e distanziometro elettronico.

La misura si effettua come una normale triangolazione di precisione. La precisione della misura è pari a 0.1 mm.

L'elaborazione dei dati consente di risalire alla deformata del profilo di scavo, nonché di valutarne l'evoluzione nel tempo. La convergenza del cavo si intende riferita al valore medio delle misure diametrali eseguite sulla stazione di misura delle convergenze, come indicato nel programma di monitoraggio di progetto.

Le mire ottiche utilizzate per il controllo delle convergenze del cavo devono essere posizionate a ridosso del fronte e la lettura di "zero" va effettuata il prima possibile e comunque prima dell'avanzamento del fronte.

#### ***Misure estensimetriche con estensimetri monobase o multibase***

Consistono nel determinare lo stato deformativo dell'ammasso al contorno del cavo.

L'estensimetro è costituito da una testa di riferimento posta a boccaforo e da più basi collegate con la testa di riferimento mediante barrette o astine, installate in un foro di piccolo diametro realizzato nel terreno al contorno del cavo.

Le misure degli spostamento tra le barrette o astine, solidali con le basi, e la testa di riferimento sono effettuate per mezzo di un comparatore meccanico o altro strumento di pari precisione (per es. un trasduttore di spostamento LVDT o a corda vibrante).

La precisione dello strumento di misura è 0.01 mm.

#### **Determinazione della pressione di contatto terreno-struttura (celle di pressione-barrette estensimetriche)**

La pressione di contatto tra l'ammasso al contorno del cavo e il rivestimento di prima fase (prerivestimento) si può determinare tramite celle di pressione o coppie di barrette estensimetriche. Le celle di pressione sono formate da due piastre saldate tra loro lungo il perimetro. Lo spazio tra di esse è riempito di liquido ed è collegato ad un trasduttore di misura. Il carico agente sulle piastre viene trasmesso al trasduttore, trasformando le variazioni di pressione in spostamento o deformazioni di una membrana.

La misura viene eseguita usando un comparatore meccanico, un trasduttore di spostamento o un trasduttore di pressione. Le celle di pressione possono essere installate sia per le misure di sforzi radiali che tangenziali.

La precisione è 0.25% del fondo scala.

In alternativa si possono utilizzare coppie di barrette estensimetriche del tipo a resistenza elettrica o a corda vibrante fissate sulle ali delle centine del prerivestimento.

#### Determinazione del carico agente al piede delle centine (celle di carico)

La valutazione del carico sul rivestimento di prima fase durante gli avanzamenti può essere rilevata tramite celle di carico posizionate al piede delle centine e composte da due piastre di dimensioni analoghe al piede delle centine. In generale lo strumento è costituito da sensori tipo "strain gauges".

La precisione è 0.5% del fondo scala.

La lettura di 'zero' andrà effettuata quando la centina stessa sarà collegata con tutte le catene alla centina adiacente e subito dopo la posa dello spritz beton.

#### Misure di estrusione del fronte di scavo (estrusometro)

Consentono di rilevare in continuo gli spostamenti assiali relativi di una serie di basi di misura.

Le misure vengono effettuate in un tubo in PVC L=30 m munito di appositi ancoraggi anulari a distanza di 1 m l'uno dall'altro, che vengono resi solidali con il terreno circostante tramite un'iniezione di malta espansiva. Il foro di sondaggio deve risultare di lunghezza  $\geq 30$ m e sarà posto in opera immediatamente dopo l'eventuale intervento di stabilizzazione.

Le misure delle variazioni di distanza tra le coppie di ancoraggi adiacenti vengono effettuate mediante una sonda munita di due teste sferiche che, durante il passaggio nel foro, vanno in battuta contro gli ancoraggi conici.

La precisione è 0.03 mm.

#### Misure di deformazione (estensimetri da calcestruzzo)

Consistono nella misura delle deformazioni che avvengono nei rivestimenti definitivi e della loro evoluzione nel tempo.

Gli estensimetri possono essere del tipo a resistenza elettrica o a corda vibrante e vengono collegati ad una centralina di misura.

L'installazione va effettuata in più punti all'interno del rivestimento secondo le indicazioni di progetto.

Gli estensimetri devono essere montati a coppie in direzione tangenziale alla superficie della galleria prima del getto del rivestimento definitivo.

La precisione è 0.5% del fondo scala.

In alternativa agli estensimetri potranno essere utilizzate le celle di pressione.

#### Determinazione della sollecitazione in parete (martinetto piatto)

Si determina la sollecitazione circonferenziale agente all'intradosso del rivestimento definitivo.

Il rilascio delle tensioni, provocato da un intaglio eseguito in direzione normale alla superficie della struttura, determina una parziale chiusura dell'intaglio stesso che viene rilevata tramite misure di spostamento.

Viene quindi inserito nell'intaglio uno speciale martinetto piatto, la cui pressione interna viene gradualmente aumentata fino ad annullare lo spostamento prima misurato (cioè ripristinando lo stato tensionale preesistente).

Le misure di spostamento vengono eseguite su diverse basi mediante estensimetro meccanico rimovibile oppure trasduttori elettrici di spostamento. La precisione della lettura è 0.1 % del fondo scala.

#### Misure assestometriche

Consistono nel determinare le deformazioni indotte nell'ammasso al contorno del cavo e vengono eseguite tramite assestimetri multibase, che rilevano micromovimenti del terreno in senso assiale alla perforazione in cui sono stati inseriti.

L'assestometro è costituito da una serie di barre a diversa lunghezza (almeno 4) installate e rese solidali con il terreno in un foro di sondaggio realizzato dalla galleria in direzione radiale, come indicato nel programma di monitoraggio di progetto.

Le misure di spostamento sono effettuate per mezzo di un comparatore meccanico.

La precisione è 0.25% del fondo scala.

Se l'assestometro è del tipo cementato in foro, la lettura di "zero" dovrà essere eseguita non prima della presa della miscela cementizia della boiaccia utilizzata per il riempimento.

#### Misure topografiche

Consistono nel determinare in concomitanza con lo scavo delle gallerie le variazioni di quota di punti ubicati sul piano campagna.

Le misure sono effettuate attraverso una livellazione topografica e triangolazione di precisione. La precisione è 1 mm.

#### Misure inclinometriche

Consistono nel determinare il decorso, nel tempo, degli spostamento del terreno nell'intorno della galleria in seguito allo scavo.

Le misure sono effettuate mediante una sonda inclinometrica fatta scorrere in un tubo scanalato reso solidale con il terreno all'interno di un foro di sondaggio.

La precisione è 0.2 mm/m.

#### Misure estenso-inclinometriche

Consistono nel determinare, nel tempo, gli spostamenti del terreno, secondo tre direzioni tra di loro ortogonali, nell'intorno della galleria in seguito allo scavo.

Le misure sono effettuate mediante una sonda estenso-inclinometrica fatta scorrere in un apposito tubo munito di ancoraggi posti a distanza di 1 m l'uno dall'altro.

Il tubo è reso solidale con il terreno all'interno di un foro di sondaggio che non deve scostarsi più di 3° dalla verticale.

La precisione della funzione estensimetrica è pari a 0.003 mm/m.

La precisione della funzione inclinometrica è di 0.05 mm/m.

#### Misure della pressione interstiziale e del livello di falda

Consistono nella determinazione della pressione interstiziale nel terreno. Le misure sono effettuate mediante piezometri installati in foro: a tubo aperto, del tipo Casagrande, o muniti di celle (elettriche, a corda vibrante, pneumatiche).

La precisione è 0.2 -0.5% del fondo scala.

La scelta del tipo di piezometro è strettamente vincolata alla natura del terreno.

#### Misure della portata d'acqua in galleria

Consistono nella determinazione delle portate d'acqua allorché le acque sono convogliate in un canale a pelo libero, tramite misuratore di portata a stramazzo in parete sottile: si tratta di uno sbarramento del canale, di norma realizzato con una lastra d'acciaio, che permette il transito dell'acqua, sempre a pelo libero, solo attraverso una sezione di forma nota. Si richiede la restituzione grafica e numerica dei seguenti dati: portate istantanee misurate, diagrammi delle portate in funzione del tempo e delle distanze dal fronte di scavo.

#### ***Monitoraggio in corso d'opera e d'esercizio***

Nel progetto definitivo sono state individuate delle sezioni strumentate/stazioni di misura che, nelle varie tratte da analizzare, forniranno i dati necessari per le decisioni operative da assumere durante l'esecuzione dei lavori e i dati in fase di esercizio.

A tale scopo l'analisi strumentale, corredata dalle osservazioni e dai controlli che saranno condotti contestualmente nei riguardi delle condizioni geotecniche dovrà consentire di valutare i seguenti parametri:

- ✓ convergenza del cavo;
- ✓ velocità di convergenza;
- ✓ estrusione del fronte;
- ✓ stato tensionale dei rivestimenti, di prima fase e definitivi;
- ✓ stato deformativo dell'ammasso al contorno del cavo;
- ✓ pressioni neutre a tergo dei rivestimenti;
- ✓ portate d'acqua in galleria.

In linea generale le stazioni di misura sono:

- ✓ Stazioni principali;

- ✓ Stazioni di misura delle convergenze;
- ✓ Stazioni con estrusometro;
- ✓ Stazioni per gli imbocchi;
- ✓ Stazioni al fronte di scavo.

#### Stazioni principali

Le stazioni principali, da realizzarsi all'immediato ridosso del fronte di avanzamento, permettono la misurazione dello stato tensio-deformativo dell'ammasso vicino e lontano dallo scavo appena eseguito, dell'estensione della eventuale zona di plasticizzazione e della sua evoluzione nel tempo, durante l'esercizio. Permettono inoltre di misurare le eventuali pressioni neutre a tergo dei rivestimenti e le portate d'acqua in galleria. Parte della strumentazione potrà essere mantenuta anche in esercizio, per il controllo a lungo termine del manufatto.

La messa in opera degli strumenti all'interno del cavo verrà eseguita immediatamente dopo il passaggio del fronte di scavo con lettura immediata di "zero".

La stazione sarà di norma così composta:

- ✓ n. 5 celle di pressione tra ammasso e rivestimento di prima fase o, in alternativa, 5 coppie di barrette estensimetriche posizionate sulle ali delle centine metalliche del prerivestimento;
- ✓ n. 2 celle di carico posizionate sotto il piede delle centine;
- ✓ n. 5 punti per la misura delle convergenze posti sul rivestimento di prima fase e n. 4 punti sul rivestimento definitivo;
- ✓ eventuale estrusometro sul fronte di scavo L=30 m;
- ✓ n. 3 estensimetri multibase o estensimetri multibase o estensimetri incrementali di lunghezza pari a 20 m posti in opera radialmente in zona calotta e ai reni della cavità, immediatamente dopo il passaggio del fronte sulla sezione prescelta; ciascun estensimetro multibase deve avere almeno 4 basi di misura;
- ✓ eventuali 2 coppie di piezometri (del tipo elettrico a corda vibrante o a strain-gauges) di norma sub-orizzontali sui fianchi della galleria;
- ✓ n. 9 celle di pressione o barrette estensimetriche da annegare nel rivestimento definitivo;
- ✓ eventuale misuratore di portata dell'acqua aggottata dalla galleria.

#### Stazioni di misura delle convergenze

Tali stazioni permettono di rilevare gli spostamenti nel piano trasversale della galleria, esse sono di norma composte da:

- ✓ n. 5 punti per la misura delle convergenze posti sul rivestimento di prima fase.

#### Stazioni con estrusometro



Tali stazioni permettono di rilevare gli spostamenti longitudinali che possono manifestarsi oltre il fronte di scavo, esse sono di composte da:

- ✓ n. 1 estrusometro posizionato in asse galleria all'interno di un foro di sondaggio sub-orizzontale.

#### Stazioni per gli imbocchi

Queste stazioni dovranno essere predisposte ai fini di verificare le condizioni di stabilità dei versanti, prima dell'inizio delle operazioni di scavo, per il controllo delle deformazioni delle paratie di imbocco e del carico dei tiranti di ancoraggio, per assicurare il controllo, sia a breve che a lungo termine, degli eventuali fabbricati, delle strade o preesistenze in genere, che potrebbero insistere sul versante.

Esse sono di norma composte da:

- ✓ mire ottiche posizionate sulle opere di imbocco, così come indicato negli elaborati di progetto;
- ✓ capisaldi topografici posizionati sul piano di campagna e su fabbricati o preesistenze prospicienti le zone di imbocco;
- ✓ estenso inclinometri, della lunghezza indicata in progetto, posizionati in prossimità di fabbricati o preesistenze prospicienti le zone di imbocco;
- ✓ estensimetri posizionati sulle paratie a varie quote con la stessa inclinazione dei tiranti;
- ✓ celle di carico estensimetriche di tipo toroidale, da applicare sulla testa di alcuni tiranti;
- ✓ sensori di temperatura per correlare le misure di deformazione e carico con l'andamento della temperatura esterna;
- ✓ piezometri per il controllo della quota della falda durante le fasi di realizzazione dell'opera.

#### Stazioni al fronte di scavo

La stazione dovrà essere, di norma, composta da mire ottiche removibili, posizionate quando si verifica un fermo cantiere di almeno 24-36 ore; la lettura di "zero" dovrà essere effettuata immediatamente, in modo che le successive letture siano condotte con frequenza di 1 lettura almeno ogni 2 ore; le mire ottiche andranno riposizionate sul fronte di scavo ad ogni fermo cantiere.

### **8.3.5 Centine metalliche, reti di acciaio a maglie elettrosaldate e scalette di rinforzo**

Ogni lotto di materiale impiegato dovrà essere accompagnato dai relativi certificati del attestanti la conformità alla normativa vigente.

I materiali sprovvisti dei suddetti certificati non potranno essere posti in opera.

In corso d'opera si dovrà verificare il corretto posizionamento dell'armatura e la sua corrispondenza con i disegni di progetto, nonché la corretta esecuzione delle giunzioni.

La DL potrà effettuare saggi e prove a sua discrezione sui materiali impiegati.

Tali prove saranno a cura dell'Appaltatore.

### **8.3.6 Ancoraggi**

Nella realizzazione degli ancoraggi si potranno impiegare i seguenti materiali:

- a) Armature metalliche:
  - ✓ Trefoli tipo c.a.p.
  - ✓ Barre in acciaio ad aderenza migliorata o tipo Dywidag (o simile)
- b) Apparecchi di testata:
  - ✓ Dispositivi di bloccaggio dei trefoli
  - ✓ Bulloni
  - ✓ Piastre di ripartizione
- c) Miscele di iniezione:
  - ✓ Cemento
  - ✓ Inerti
  - ✓ Acqua d'impasto
  - ✓ Additivi
- d) Dispositivi di protezione:
  - ✓ Guaine in materiali plastici
  - ✓ Centratori e distanziatori
  - ✓ Dispositivi per l'iniezione
  - ✓ Resine
  - ✓ Vetroresine

#### ***Trefoli tipo c.a.p. e barre in acciaio ad aderenza migliorata o tipo Dywidag (o simili)***

I trefoli e le barre, che dovranno provenire da fornitore qualificato.

Il fornitore dovrà allegare per ogni lotto di fornitura la documentazione prescritta per i trefoli e per la qualificazione degli acciai di armatura.

In assenza di tali certificazioni il materiale non potrà essere posto in opera.

La DL potrà effettuare saggi e prove a sua discrezione sui materiali impiegati, il tutto a cura dell'Appaltatore.

#### ***Apparecchi di testata: Dispositivi di bloccaggio e bulloni***

Il fornitore, dovrà emettere per ogni lotto di fornitura le necessarie certificazioni attestanti la conformità alla normativa vigente, e precisamente:

- ✓ allegato "B" della Circolare Min. LL.PP., 30/06/80 per i dispositivi di bloccaggio;
- ✓ al D.M. del 9/01/95 parte II – Par 2.5 per i bulloni.

I materiali sprovvisti dei suddetti certificati non potranno essere posti in opera.

La DL potrà effettuare saggi e prove a sua discrezione sui materiali impiegati, il tutto a cura dell'Appaltatore.

### ***Prove sull'aggressività dell'ambiente***

Allo scopo di poter definire le caratteristiche del cemento, costituente le miscele, si dovrà accertare della reale aggressività fisico-chimica del terreno sul quale si eseguiranno gli ancoraggi.

Le prove, che saranno condotte da un laboratorio di cantiere, consisteranno nella misura dei seguenti valori:

- |   |            |
|---|------------|
| ✓ valori di pH  | < 6        |
| ✓ grado idrotimetrico dell'acqua del terreno o di falda | < 3° F     |
| ✓ contenuto in CO <sub>2</sub> disciolta                | > 30 mg/l  |
| ✓ contenuto in NH <sub>4</sub>                          | > 30 mg/l  |
| ✓ contenuto in Mg <sup>++</sup>                         | > 300 mg/l |
| ✓ contenuto in SO <sup>--</sup>                         | > 600 mg/l |
- (oppure > 6000 mg/kg di terreno sciolto)

Gli esiti delle prove saranno comunque comunicati alla DL per conoscenza.

L'ambiente verrà considerato aggressivo nei riguardi del cemento, se è verificata una sola delle condizioni precedentemente riportate.

### ***Miscela cementizie***

#### Preparazione dei provini e prove sulle miscele cementizie

Si dovranno eseguire, eventualmente in presenza della DL gli impasti di prova della miscela cementizia, secondo le indicazioni previste in progetto.

Verranno effettuati 3 impasti di prova consecutivi, dai quali verranno confezionati n.8 cubetti, per ognuno di essi, da sottoporre alle seguenti prove:

- ✓ n. 1 per determinazione del peso specifico
- ✓ n. 1 per determinazione della viscosità Marsch
- ✓ n. 1 per prova di decantazione a 24 ore
- ✓ n. 1 per misurazione del tempo di presa
- ✓ n. 2 per prova di resistenza a compressione a rottura
- ✓ n. 1 di riserva
- ✓ Resistenza a compressione a 7 giorni e 20 °C ± 1<sup>3</sup> 15 MPa
- ✓ Peso specifico p<sup>3</sup> 90% del peso spec. Teorico
- ✓ Acqua separata per decantazione: max 2% in volume, dopo che la miscela è mantenuta a riposo per tre ore e deve essere completamente riassorbita nelle 24 ore successive. La prova viene eseguita versando 300 ml di miscela in un cilindro di 56 mm di diametro e 140 mm di altezza.
- ✓ Fluidità: si controlla mediante il cono di Marsh (diametro ugello: 13 mm) dove il tempo di percolamento deve essere compreso tra 10 – 30 sec.
- ✓ Tempo di presa: il tempo di inizio presa, misurato secondo le indicazioni del D.M. 03/06/68, a 20 °C, deve essere superiore a tre ore. Mentre il tempo di

fine presa a 5 °C deve essere inferiore a 24 ore.

I risultati delle prove eseguite verranno riportati su una apposita relazione, dove verrà definita la composizione della miscela da utilizzare in fase esecutiva.

Su tale relazione si dovrà riportare:

- ✓ Elenco dei materiali impiegati, indicante provenienza, tipo, e qualità dei medesimi;
- ✓ Certificati dei materiali costituenti la miscela di impasto;
- ✓ Tipo e dosaggio del cemento;
- ✓ Rapporti acqua/cemento;
- ✓ Tipo e dosaggio degli eventuali additivi;
- ✓ Risultati delle prove preliminari di resistenza a compressione;
- ✓ Caratteristiche dell'impianto di confezionamento.

La documentazione dovrà essere fornita alla DL, che procederà all'eventuale approvazione. L'approvazione, tuttavia, non solleva l'Appaltatore dalle sue responsabilità in base alle Norme vigenti.

#### ***Guaine in materiale plastico***

Le guaine dovranno provenire da fornitori qualificati, i quali dovranno allegare ad ogni lotto di fornitura la certificazione, del materiale fornito. Si dovrà verificare che i diametri di guaina ordinati siano congruenti con i diametri dei trefoli da impiegare. I materiali sprovvisti di tale documentazione non potranno essere posti in opera. La DL potrà effettuare saggi e prove a sua discrezione sui materiali impiegati, il tutto a cura dell'Appaltatore.

#### ***Dispositivi di iniezione***

La fornitura certificata dal fornitore come conforme alle specifiche riportate nel punto 5.4 del presente Capitolato.

Egli inoltre deve allegare alla fornitura una dichiarazione sull'effettuato controllo di perfetta efficienza delle valvole, per ogni dispositivo fornito.

I materiali sprovvisti di tale documentazione non potranno essere posti in opera.

La DL potrà effettuare saggi e prove a sua discrezione sui materiali impiegati, il tutto a cura dell'Appaltatore.

#### ***Resine***

Le resine da impiegare negli ancoraggi con chiodi dovranno essere di marca conosciuta.

Il produttore dovrà fornire la seguente documentazione:

- ✓ Le istruzioni di dosaggio per le resine epossidiche,
- ✓ I tempi di polimerizzazione, con il campo di tolleranza, per le resine poliesteri,
- ✓ La certificazione di assenza di emissioni gassose durante i processi di polimerizzazione.

Dovrà inoltre fornire le certificazioni delle seguenti prove sul materiale:

- ✓ Misura di viscosità, da effettuarsi con il metodo ASTM D2393/72, con limite di accettabilità compreso tra 300 e 3000 cP a 20°C
- ✓ Misura del tempo di gel, secondo prova ASTM D2471/71, da eseguirsi nelle condizioni ambientali di impiego della resina. In altre condizioni il tempo di gel potrà essere anche fornito dal produttore in altre condizioni operative, purché determinato secondo le modalità di cui sopra.
- ✓ Misura della differenza di peso tra miscela fluida iniziale e miscela indurita, con il valore limite  $\geq 5\%$  del peso iniziale.
- ✓ Prove di resistenza a trazione delle resine indurite in aria ed in acqua su provini del tipo 2 indicati nella UNIPLAST 5819/66 (con spessore di 10 mm.)

La riduzione di resistenza dovrà essere inferiore al 10% del valore della resistenza della resina indurita in aria.

Tutta la documentazione precedentemente riportata dovrà essere fornita alla DL, i materiali sprovvisti di tale documentazione non potranno essere posti in opera.

La DL si riserva la facoltà di far eseguire ulteriori prove di controllo dei materiali in esame. Tali prove sono a cura dell'Appaltatore.

### ***Vetroresine***

Il produttore di manufatti deve fornire la documentazione delle vetroresine che saranno impiegate per la realizzazione degli elementi di rinforzo, così come previsto al punto 8.2.3 del presente Capitolato tra gli ancoraggi.

In accordo alla tabella riportata nel punto precedentemente richiamato, il produttore dei manufatti in vetroresina deve fornire le certificazioni delle seguenti prove sulla vetroresina impiegata:

- ✓ peso specifico, secondo UNI 7092/72 '1
- ✓ resistenza a trazione, secondo UNI EN61
- ✓ resistenza a taglio, secondo ASTM D 732 85
- ✓ Modulo di elasticità, secondo UNI EN61

Il produttore dovrà inoltre certificare che:

- ✓ il contenuto in vetro sia conforme ai limiti richiesti;

Tutta la documentazione prodotta dovrà essere consegnata alla DL.

La DL potrà richiedere ulteriori prove per accertare le volute caratteristiche dei materiali.

### ***Controlli in corso d'opera***

Prima dell'inizio dei lavori di iniezione di cementazione degli ancoraggi, si dovrà comunicare per iscritto alla DL la data prevista per i lavori.

### ***Predisposizione degli ancoraggi per prove di carico a rottura***

Si dovrà predisporre la realizzazione di ancoraggi supplementari da destinare alle prove di carico a rottura.

Gli ancoraggi per le suddette prove distruttive non dovranno appartenere alla struttura da consolidare, ma eseguiti nello stesso sito e nella stessa situazione geologico-geotecnica (geomeccanica) con le stesse modalità costruttive di quelli di esercizio.

Gli ancoraggi per le prove a rottura dovranno essere realizzati nei casi e nelle quantità prescritte nel punto 8.2.3 del presente Capitolato tra gli ancoraggi.

#### Prove di carico a rottura

Le prove di carico a rottura, eventualmente da realizzare su ancoraggi preliminari di prova, saranno obbligatorie ogni qualvolta il numero totale di ancoraggi da realizzare sia:

- ✓ n > 30 nel caso di tirante
- ✓ n > 50 nel caso di barre o bulloni.

Per ogni tipo di ancoraggio e per ogni tipo di terreno o sito, si eseguiranno prove di rottura in numero:

- ✓ di 3 tiranti ogni 100, o frazione di 100,
- ✓ di 2 barre o bulloni ogni 100, o frazione di 100, e comunque non meno di 5 unità per zone omogenee di ammasso
- ✓ pari almeno al 4% dei chiodi, e comunque non meno di 5 unità per zone omogenee di ammasso.

La DL potrà in ogni caso ordinare che vengano sottoposti ad ulteriori prove di controllo i suddetti ancoraggi, per accertarne le loro caratteristiche e la validità della posa in opera. Tali controlli sono a cura dell'Appaltatore.

#### **Perforazioni**

Si dovrà verificare che per ogni tirante, barra o bullone posto in opera, l'Appaltatore dovrà fornire una scheda contenente, le seguenti informazioni:

- ✓ modalità di perforazione (utensili, fluido, rivestimenti)
- ✓ tipo e caratteristiche dell'armatura
- ✓ tipo e modalità dell'iniezione
- ✓ valori di tensionamento

#### Predisposizione ed inserimento degli ancoraggi

Si dovrà verificare che:

- ✓ tutti gli equipaggiamenti da immettere nel foro, siano essi tiranti, barre o chiodi, siano dotati delle attrezzature di corredo necessarie e prescritte dal progetto e dal Capitolato di Costruzione (ad esempio per i tiranti: testata, guaina di isolamento, sacco otturatore).
- ✓ Le dimensioni dei trefoli, delle barre o dei chiodi siano pari a quelli previsti in progetto.  
Nel caso di allestimento di ancoraggi con tiranti o barre, da assoggettare a prova di carico a rottura, si dovrà verificare che gli ancoraggi sia stati realizzati

secondo le caratteristiche della prova.

- ✓ Siano presenti le certificazioni previste, per ogni parte costituente l'equipaggiamento di ancoraggio.
- ✓ L'ancoraggio sia stato approntato nella maniera prescritta, come ad esempio sia stata adeguatamente ingrassata la superficie di contatto tra guaina e tratto libero di un tirante o di una barra.

### ***Controlli sulle miscele cementizie***

In sede di posa in opera si dovranno effettuare le seguenti attività:

- ✓ prelievo dei campioni, per ogni lotto di miscela preparata per le prove di compressione monoassiale. -Correlazione tra il lotto, identificato dalla sua certificazione accompagnatoria e dai provini prelevati per le prove, e il numero identificativo degli ancoraggi per cui è impiegato.
- ✓ Verifica della fluidità ad ogni impasto, tale valore si potrà scostare al massimo di  $\pm 5$  secondi da quello misurato sulla miscela iniziale.
- ✓ Essudazione, all'inizio di ogni giornata lavorativa e comunque ogni 50 ancoraggi.

### ***Iniezione di miscele cementizie per cementazione di 1<sup>a</sup> fase***

Si dovrà verificare che avvenga il riempimento del foro, dell'eventuale sacco otturatore e del bulbo interno per tiranti definitivi.

### ***Iniezione selettive a pressioni e volume controllati di miscele cementizie***

Verificare che la pressione di apertura della valvola del tubo iniettore non superi i 60 bar. Controllare che venga raggiunta in ogni iniezione la pressione di rifiuto. Controllare che la pressione sia tale da non superare quella di "claquage" del terreno.

### ***Iniezioni di resine***

Si dovrà controllare: L'esistenza in cantiere delle prescrizioni del produttore sui dosaggi dei componenti delle resine. Che sia stato predisposto il tubo di sfiato. Al termine dell'iniezione verificare che lo sfiato sia opportunamente occluso.

### **Tensionamento degli ancoraggi e collaudi**

La DL dovrà essere presente a tutte le fasi di messa in tensione e di collaudo di ogni singolo ancoraggio. Ai sensi della procedura di messa in tensione si farà riferimento ai seguenti carichi:

No	= 0,1 Nes	= forza di allineamento
Nes		= forza di esercizio
Nc	= 1,2 Nes	= forza di collaudo
Nt		= forza di tesatura

Il tensionamento avverrà attraverso le seguenti fasi:

- ✓ Viene applicato il carico di allineamento  $N_0$ ; la corrispondente deformazione farà da riferimento per la misura dei successivi allungamenti.
- ✓ Il campo  $N_c-N_0$  viene diviso in  $n \geq 6$  gradini,  $\delta N$ ; ad ogni gradino si misureranno le corrispondenti deformazioni a carico costante mantenuto per un tempo:
  - $\delta t \geq 5$  minuti per ancoraggi in roccia o in terreni incoerenti;
  - $\delta t \geq 15$  minuti per ancoraggi nei terreni coesivi
- ✓ Raggiunto il carico  $N_c$ , il tirante viene scaricato sino al valore  $N_0$ , misurando il relativo allungamento residuo.
- ✓ 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 viene applicato durante la fase "b", avendo suddiviso il campo  $N_t-N_0$  in  $n \geq 3$  gradini ?N. Per ciascun ancoraggio collaudato e/o messo in tensione, l'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione Lavori la relativa documentazione, completa di tabelle e grafici. Si dovrà verificare che le apparecchiature utilizzate per i tensionamenti di prova di collaudo siano provviste di certificato di taratura emesso da un Laboratorio Ufficiale.

Si dovrà verificare che l'entità dei carichi applicati, le modalità e i tempi di applicazione, sia in conformità con quanto sopra indicato. Si dovrà verificare che le letture strumentali vengano fatte correttamente e con il grado di precisione richiesto. Si dovrà verificare che vengano applicati i dispositivi di bloccaggio.

Per ogni tirante eseguito l'Appaltatore dovrà fornire una scheda contenente le seguenti Indicazioni:

- ✓ n. del tirante e data di esecuzione
- ✓ lunghezza della perforazione
- ✓ modalità di esecuzione della perforazione: utensile /fluido /rivestimenti
- ✓ caratteristiche del tirante (armatura, lunghezza della fondazione) volume dell'iniezione di 1<sup>a</sup> fase
- ✓ 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 /peso specifico/ viscosità Marsh/ rendimento volumetrico o decantazione
- ✓ dati di identificazione dei campioni prelevati per le successive prove di compressione a rottura
- ✓ allungamento sotto il carico di collaudo
- ✓ valore della forza di tensionamento.

#### Controlli durante le prove a rottura



La DL dovrà essere presente a tutte le fasi di prova a rottura di ogni i singolo ancoraggio e dovrà verificare che:

- ✓ le apparecchiature utilizzate per l'applicazione dei carichi siano provviste di certificato di taratura emesso da un Laboratorio Ufficiale, con data non superiore ai 6 mesi.
- ✓ Controllare che vengano rispettate le fasi, le modalità e le propedeuticità prescritte.
- ✓ Verificare l'entità dei carichi applicati, le modalità ed i tempi di applicazione.
- ✓ Verificare che le letture strumentali vengano fatte correttamente e con il grado di precisione voluto.
- ✓ Tracciare i diagrammi forze-allungamenti.

### **8.3.7 Conglomerato cementizio proiettato**

Le prove ed i controlli relativi al calcestruzzo cementizio proiettato saranno effettuati secondo quanto previsto dalla Normativa vigente, UNI 10834. Il conglomerato cementizio, da applicare a spruzzo per il rivestimento di prima fase, dovrà essere confezionato nel rispetto delle prescrizioni di cui al punto 8.2.6 del presente Capitolato, dovrà presentare una  $R_{ck} \geq 25$  Mpa dopo 28 giorni, con una resistenza media a compressione monoassiale, dopo 48 ore dalla posa in opera, determinata su quattro campioni, che dovrà risultare non inferiore ai 13 Mpa. Tali resistenze saranno determinate mediante l'uso di appositi pannelli confezionati con apposite casseformi tali da realizzare dei pannelli di dimensioni 60 cm \* 60 cm, e di 15 cm di spessore, collocati su una parete inclinata di 10°-20° ottenuti proiettando ortogonalmente a questa il conglomerato. Tali pannelli dovranno fornire 6-8 provini di conglomerato con rapporto altezza/diametro pari a  $h/d = 2$  ed altezza pari a 10 cm.

Tali prelievi dovranno essere condotti ogni 200 mc di materiale posto in opera.

Oltre alle prove suddette in ogni caso dovranno essere prelevate direttamente dalla parete almeno 10 carote ogni 1000 metri cubi di conglomerato cementizio proiettato in opera sulle quali determinare la massa volumica e la resistenza a compressione monoassiale.

La media dei valori della massa volumica ricavati in sito non dovrà essere inferiore al 98% dei valori dichiarati nello studio preliminare di qualificazione.

Si dovranno accertare gli spessori dei rivestimenti posti in opera.

La DL potrà in ogni caso ordinare che vengano sottoposti ad ulteriori prove di controllo i suddetti materiali, per accertarne le loro caratteristiche e la validità della posa in opera.

Tali controlli sono a cura dell'Appaltatore.

### **8.3.8 Conglomerato cementizio proiettato fibrerinfornato (fibre di acciaio)**

In corso d'opera si procederà al controllo della quantità di fibra immessa mediante prelievo alla bocca della betoniera di tre campioni di conglomerato di volume predeterminato da cui estrarre le fibre rapportandone il peso effettivo a quello teorico. Si

dovrà verificare che le fibre soddisfino alle prescrizioni riportate nel punto 8.2.6 del presente Capitolato e che per ogni lotto di fibre, questo sia dotato dei corrispondenti certificati richiesti per il materiale costituente le fibre. In caso contrario il materiale non potrà essere posto in opera. Il contenuto di fibre nella miscela dovrà essere determinato dalla media dei valori ricavati sui tre campioni, mediante separazione per lavaggio. Nel caso si verifichi uno scostamento medio rispetto al quantitativo teorico in meno, non superiore al 10%, verrà applicata una penale; qualora lo scostamento fosse superiore al 10% il conglomerato sarà considerato non rinforzato.

Si dovrà verificare che lo strato superficiale del conglomerato cementizio spruzzato, per uno spessore di 3 cm, dovrà essere steso senza impiego di fibre d'acciaio, nel caso di presenza di manto di impermeabilizzazione, allo scopo di evitare possibili danni alla guaina stessa.

Le caratteristiche del conglomerato cementizio proiettato fibrorinforzato dovranno essere verificate attraverso le seguenti prove:

- ✓ resistenza a compressione monoassiale;
- ✓ prova di assorbimento di energia.

Per quanto riguarda le prove di compressione monoassiale si ritiene valido quanto già riportato nel punto 5.5.2 del presente Capitolato ed al quale si rimanda, valido per il conglomerato cementizio non armato.

La prova di assorbimento di energia dovrà essere condotta in fase preliminare e nella fase di controllo, su una piastra quadrata di dimensioni 60\*60\*10 cm, ricavata da un pannello di conglomerato cementizio proiettato messo in opera su una parete verticale.

Dopo una maturazione di 28 giorni la suddetta piastra viene poggiata su di un supporto metallico quadrato tale da avere una luce libera di 50\*50 cm, con la superficie di proiezione rivolta verso il basso, e caricata centralmente da un punzone avente superficie di impronta quadrata pari 100 cm<sup>2</sup>, con una velocità di deformazione pari a 1,5 mm/min.

Durante la fase di carico verranno registrate le coppie dei valori sforzo-deformazione fino al raggiungimento di una deformazione di 25 mm. A tale deformazione arrestare la prova, asportare il provino e fotografarlo.

L'energia assorbita in quel momento dovrà risultare non inferiore a 500 Joule (Nmm). La prova di assorbimento di energia oltre, dovrà essere eseguita ogni 1000 m<sup>3</sup> di calcestruzzo proiettato posto in opera.

Si dovranno accertare gli spessori dei rivestimenti posti in opera.

La DL potrà in ogni caso ordinare che vengano sottoposti ad ulteriori prove di controllo i suddetti materiali, per accertarne le loro caratteristiche e la validità della posa in opera.

Tali controlli sono a cura dell'Appaltatore.

### **8.3.9 Conglomerato cementizio proiettato fibrorinforzato (fibre di vetro)**

Filato di vetro AR (Alcali Resistente) per armatura di calcestruzzo.

Filato di vetro per armatura diffusa di calcestruzzi o di spritz-beton per rivestimento di opere d'arte. Filato di vetro alcali resistente prodotto secondo tipica formulazione della composizione del vetro mediante utilizzo di un ottimale contenuto di zirconio (ZrO<sub>2</sub>).

Specifica prodotto, proprietà fisico / meccaniche:

- ✓ Contenuto minimo di zirconio ZrO<sub>2</sub>: 16,7%
- ✓ Densità non inferiore o uguale a 2,68 g/cm<sup>3</sup>
- ✓ Resistenza a trazione del filamento non inferiore a 3500 Mpa
- ✓ Modulo elastico non inferiore a 72 GPa
- ✓ Allungamento a rottura non inferiore a 2,4%
- ✓ Filamento diametro 17 µm
- ✓ Punto di rammollimento non inferiore a 860°C
- ✓ Dosaggio: 15-20 Kg/m<sup>3</sup>
- ✓ Lunghezza del flato: 12mm.

### **8.3.10 Conglomerato cementizio gettato in opera**

Il conglomerato cementizio gettato in opera dovrà soddisfare le prescrizioni ed i controlli previsti per le opere di conglomerato cementizio e riportate al punto 8.2.6 e a quanto riportato nella sezione “calcestruzzi” del presente Capitolato.

Oltre alle prove richieste in tale punto in ogni caso dovranno essere prelevate direttamente dalla parete almeno 10 carote ogni 2500 metri cubi di conglomerato cementizio gettato in opera sulle quali determinare la massa volumica e la resistenza a compressione monoassiale.

Prima dell'esecuzione dei getti, si dovrà verificare che il calcestruzzo sia posto in opera su superfici e riprese di getto opportunamente preparate e pulite secondo le indicazioni di progetto.

Si dovrà verificare che le modalità di getto siano conformi alle indicazioni del presente Capitolato.

Si dovrà verificare che la cassaforma e l'armatura eventualmente presente siano opportunamente collocate e che lo spessore del rivestimento sia quello di progetto.

La DL potrà richiedere l'esecuzione di eventuali prove aggiuntive per verificare le caratteristiche del calcestruzzo posto in opera, tali prove sono a cura dell'Appaltatore.

### **8.3.11 Drenaggi**

Si dovrà verificare che i materiali impiegati siano dotati dei certificati richiesti dal presente Capitolato, e che questi soddisfino le prescrizioni richieste.

Nel caso che i materiali non soddisfacessero i predetti requisiti, questi dovranno essere allontanati dal cantiere e sostituiti con altri aventi i predetti requisiti.

Nel caso in cui questi siano già stati posti in opera, dovranno essere rimossi e sostituiti con altri idonei.

In corso d'opera si dovrà verificare il corretto posizionamento plano-altimetrico dei tubi costituenti le canalette di raccolta, con frequenza giornaliera, o ogni lotto di lavoro se di durata inferiore.

Si dovrà verificare che le dimensioni del diametro delle perforazioni dei tubi drenanti, sia quella prevista in progetto, così come la lunghezza della perforazione.

Si dovrà verificare che il foro sia perfettamente pulito, prima della posa in opera del tubo drenante.

Tali controlli dovranno essere effettuati ogni 50 tubi posti in opera.

La DL potrà in ogni caso ordinare che vengano sottoposti ad ulteriori prove di controllo i suddetti materiali, per accertarne le loro caratteristiche e la validità della posa in opera.

Tali controlli sono a cura dell'Appaltatore.

### **8.3.12 Impermeabilizzazione**

Per quanto riguarda i materiali questi dovranno soddisfare i requisiti che sono riportati nel presente capitolo, per ogni lotto di fornitura.

Nel caso che i materiali non soddisfassero i predetti requisiti, questi dovranno essere allontanati dal cantiere e sostituiti con altri aventi i predetti requisiti.

Nel caso in cui questi siano già stati posti in opera, dovranno essere rimossi e sostituiti con altri idonei.

Il tutto a cura e spese dell'Appaltatore.

Si dovrà verificare che le venute d'acqua più consistenti siano opportunamente convogliate.

Si dovrà verificare che le parti metalliche sporgenti, siano opportunamente ricoperte con betoncino proiettato.

I giunti di saldatura, realizzati mediante termosaldatura, dovranno essere verificati in ragione di almeno una prova ogni 10 giunti, o frazione di 10 e ciascuna prova dovrà essere verbalizzata.

Nel caso in cui la prova dia esito negativo, l'Appaltatore dovrà provvedere, a sua cura e spese, al rifacimento delle saldature difettose, eventualmente anche con sostituzione delle guaine compromesse.

Tuttavia, la DL potrà sottoporre a prove tutti i giunti, senza che per questo l'Appaltatore stessa possa reclamare alcun compenso.

La DL potrà in ogni caso ordinare che vengano sottoposti ad ulteriori prove di controllo i suddetti materiali, per accertarne le loro caratteristiche e la validità della posa in opera.

### **8.3.13 Preconsolidamento del fronte di scavo**

Per quanto riguarda il materiale questi dovranno soddisfare i requisiti che sono riportati nel punto 8.2.3 del presente Capitolato, tra gli ancoraggi, che dovranno essere documentati da idonea certificazione del produttore per ogni lotto di materiale posto in opera.

Nel caso che i materiali non soddisfassero i predetti requisiti, questi dovranno essere allontanati dal cantiere e sostituiti con altri aventi i predetti requisiti. Il tutto a cura e spese dell'Appaltatore.

L'esecuzione di ogni trattamento di preconsolidamento con elementi strutturali in vetroresina, sarà documentato mediante compilazione da parte dell'Appaltatore, in contraddittorio con la DL, di una apposita scheda contenenti le seguenti registrazioni:

- ✓ identificazione di ciascun elemento strutturale, con riferimento alla sezione

- tipo di progetto;
- ✓ data di esecuzione delle perforazioni e delle relative iniezioni;
- ✓ lunghezza di ciascun elemento;
- ✓ assorbimento di miscela nell'iniezione di ciascun elemento;
- ✓ eventuale additivo impiegato.

Durante il rilevamento si dovrà verificare che la posa in opera del trattamento sia tale da soddisfare le tolleranze prescritte da questo Capitolato, e la richiesta sovrapposizione prevista in progetto.

Nel corso delle operazioni di iniezione, si dovranno prelevare campioni della miscela di iniezione, almeno ogni 50 tubi posti in opera, e comunque con frequenza giornaliera, con le medesime procedure indicate nel punto 2.6, e sui quali si dovranno effettuare i medesimi accertamenti ivi previsti.

Sugli elementi posti in opera, dovranno essere effettuate delle prove di strappo, per verificare la validità delle prescrizioni progettuali e della bontà della posa in opera.

Tali prove, dovranno essere effettuate in numero minimo di una prova ogni 300 elementi posti in opera, e comunque ogni 50 m di avanzamento dello scavo.

La DL potrà in ogni caso ordinare che vengano sottoposti ad ulteriori prove di controllo i materiali costituenti l'elemento strutturale, il tutto a cura dell'Appaltatore.

#### **8.3.14 Iniezioni**

In sede di prequalifica, le miscele confezionate in cantiere dovranno essere sottoposte alle seguenti prove, ricavando 10 provini da tre impasti di prova consecutivi:

- ✓ composizione e rapporto acqua/cemento;
- ✓ peso specifico;
- ✓ viscosità Marsh;
- ✓ viscosità apparente (Rheometer);
- ✓ pressofiltrazione;
- ✓ tempo di presa;
- ✓ decantazione;
- ✓ dati per la identificazione dei campioni prelevati per le successive prove di laboratorio (resistenza a compressione monoassiale, permeabilità).

I materiali dovranno soddisfare le indicazioni previste dal presente Capitolato, nonché essere compatibili con la situazione ambientale.

L'esecuzione di ogni trattamento di preconsolidamento con tubi valvolati sarà documentata mediante compilazione da parte dell'Appaltatore, in contraddittorio con la Direzione Lavori, di una apposita scheda con le seguenti registrazioni:

1. data di esecuzione e ubicazione (progressiva metrica dall'imbocco della galleria) del campo di trattamento;
2. identificazione di ciascun tubo, con riferimento alla sezione tipo di progetto
  - ✓ data di inizio e termine della perforazione, nonché le sue modalità;
  - ✓ profondità di perforazione, lunghezza del tubo di iniezione e sue

- ✓ caratteristiche;
  - ✓ numero delle valvole di iniezione.
3. per ciascun tubo, numero d'ordine e posizione (distanza dal fronte in m) delle valvole di iniezione;
  4. per ciascuna valvola, caratteristiche e composizione della miscela iniettata e valori dei seguenti parametri di iniezione assegnati a seguito di apposito campo prova da realizzare prima dell'inizio degli interventi:
    - ✓ volume massimo  $V_{max}$  (litri);
    - ✓ portata  $q = cost$  (litri/min);
    - ✓ eventuale pressione massima  $P_{max}$  (bar);
  5. sempre per ciascuna valvola e in relazione ai diversi tipi di comportamento del terreno, valori registrati in
    - ✓ pressione iniziale di rottura della valvola  $P_0$  (bar);
    - ✓ pressione al termine dell'iniezione  $P_{fim}$   $P_{creack}$   $P_{rif}$  (bar);
    - ✓ assorbimento di miscela  $vin$  (litri);
    - ✓ tempo di iniezione  $t$ ;
    - ✓ portata  $q$  (litri/min) dell'eventuale iniezione di IIa fase;
    - ✓ pressione iniziale e finale, assorbimento e durata dell'eventuale iniezione di IIa fase.

Prima di dare inizio all'esecuzione sistematica dei trattamenti dovrà essere effettuata la messa a punto del sistema ed eseguito un campo prova.

Nel corso delle operazioni di iniezione si preleverà un campione della miscela di iniezione almeno ogni cinque tubi. Sul campione si determineranno: peso specifico mediante apposita bilancia, decantazione (bleeding) mediante buretta graduata del diametro di 30 mm.

Il peso specifico dovrà risultare pari ad almeno il 90% di quello teorico, calcolato assumendo  $3g/cm^3$  il peso specifico del cemento e  $2.65 g/cm^3$  quello degli inerti, nell'ipotesi che non venga inclusa aria. Nelle prove di decantazione, l'acqua separata in 24 ore non dovrà superare il 3% in volume. Con il campione di miscela saranno altresì confezionati cubetti di 7 o 10 cm di lato, da sottoporre a prove di resistenza cubica a compressione.

Le modalità di prova dovranno essere conformi alle normative vigenti ed alle preventive richieste della Direzione Lavori.

Per ogni lotto di materiale impiegato (tubi a valvola e guaine), si dovranno verificare i certificati corrispondenti alle specifiche richieste al punto 1.1.8.2 del presente Capitolato. In caso contrario il materiale non potrà essere posto in opera, e dovrà essere sostituito con materiale idoneo.

La DL potrà in ogni caso ordinare che vengano sottoposti ad ulteriori prove di controllo i materiali impiegati, il tutto a cura dell'Appaltatore.

Si dovrà verificare che la posizione planimetrica delle perforazioni soddisfi le tolleranze richieste, nonché la avvenuta pulizia del foro da detriti.

In sede esecutiva, i controlli, a cura e spese dell'Appaltatore, eseguiti in contraddittorio con la Direzione Lavori e con la frequenza di seguito indicata, dovranno essere finalizzati a verificare le congruenze dei risultati conseguiti con le tolleranze ammesse e le soglie minime di resistenza.

Lo spessore dello strato di terreno consolidato, la sua resistenza a compressione e l'R.Q.D., dovranno essere accertati mediante carotaggi a rotazione continua con batteria di aste e doppio carotiere tipo T2 e/o T6S con corone diamantate di diametro nominale  $\geq 100$  mm, con la frequenza di almeno tre carotaggi per ogni 10 m di galleria preconsolidata.

I carotaggi dovranno essere eseguiti dopo l'applicazione del rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio spruzzato, posizionandoli nei punti scelti dalla Direzione Lavori con andamento radiale rispetto all'asse della galleria e dovranno essere spinti per l'intero spessore dello strato di terreno consolidato fino a penetrare nel terreno naturale.

Le carote estratte devono essere custodite con cura in apposite cassette catalogatrici.

In questa fase dovrà essere determinato l'indice R.Q.D. (Indice di Recupero Modificato) espresso come percentuale di recupero del carotaggio tenendo conto dei soli spezzoni di carota di lunghezza  $\geq 100$  mm:

$$\text{R.D.Q.} = \frac{\text{Somma della lunghezza degli spezzoni} \geq 100}{\text{lunghezza perforata}} \times 100$$

Da ogni carota verranno selezionati alcuni spezzoni da sottoporre a prove di resistenza a compressione semplice con rilievo della curva sforzi-deformazioni nei diversi tempi di maturazione, ed in particolare per i tempi di maturazione corrispondenti a quelli dell'effettivo utilizzo del lavoro, che dovranno comunque soddisfare i valori minimi richiesti.

La resistenza a compressione monoassiale verrà determinata come la media dei risultati ottenuti su quattro provini.

La DL potrà in ogni caso ordinare che si proceda ad ulteriori prove di controllo, il tutto a cura e spese dell'Appaltatore.

### **8.3.15 Tubi metallici valvolati ed iniettati**

I materiali costituenti il singolo tubo dovranno essere certificati dal produttore.

Nel caso in cui non siano dotati delle suddette certificazioni, il materiale non potrà essere posto in opera.

Per quanto riguarda la miscela di iniezione si ritengono valide le indicazioni riportate nel punto 2.6 del presente Capitolato, valido per gli ancoraggi.

L'esecuzione di ogni singolo tubo iniettato e valvolato sarà documentata mediante la compilazione da parte dell'Appaltatore in contraddittorio con la Direzione Lavori di una apposita scheda sulla quale si registreranno i dati seguenti:

- ✓ identificazione del tubo;

- ✓ data di inizio perforazione e termine iniezione, nonché sue modalità;
- ✓ profondità della perforazione, con inizio e fine tratto armato;
- ✓ assorbimento totale effettivo di miscela di iniezione e sue caratteristiche.

Si dovrà verificare che ogni singolo elemento posto in opera soddisfi alle tolleranze richieste.

La DL potrà in ogni caso ordinare che vengano sottoposti ad ulteriori prove di controllo, per accertarne le loro caratteristiche e la validità della posa in opera.

### **8.3.16 Jet – grouting**

Prima di procedere alla esecuzione di colonne di terreno consolidato, l'Appaltatore dovrà eseguire a sua cura e spese una serie di "colonne di prova" atte a dimostrare l'idoneità e la fattibilità delle modalità prescelte, nonché a determinare i valori ottimali delle pressioni di iniezione, delle velocità di rotazione e di estrazione delle aste, e dei dosaggi della miscela.

Le colonne di prova saranno eseguite in terreni aventi caratteristiche identiche a quelle su cui si dovrà operare.

Il numero e le lunghezze delle colonne di prova saranno concordati con la Direzione Lavori sulla base della eterogeneità dei terreni da trattare, dei parametri progettuali e dell'importanza dell'intervento.

Successivamente, a cura e spese dell'Appaltatore, la serie di prove sarà scoperta per almeno 5 m e sottoposta ad esame visivo al fine di verificarne: diametro reso, regolarità, buona conformazione e, ove richiesta, l'avvenuta compenetrazione.

Su alcune delle colonne di prova sarà eseguito un carotaggio continuo di diametro non inferiore a 100 mm per l'intera lunghezza della colonna. La percentuale di carotaggio estratto non dovrà risultare inferiore all'85% della lunghezza teorica della colonna ed il valore dell'R.Q.D. non dovrà essere inferiore al 70%.

Le carote estratte da ciascun sondaggio dovranno essere catalogate in apposite cassette ed accompagnate da una descrizione dettagliata del grado di continuità dei campioni estratti, della lunghezza di ciascun pezzo di carota, del numero dei giunti e della eventuale presenza di lenti di terreno non consolidato.

Saranno inoltre eseguite prove di laboratorio su campioni indisturbati per accertare rigidità, resistenza e, ove richiesto, permeabilità del materiale consolidato.

La resistenza a compressione monoassiale verrà determinata come la media dei risultati ottenuti su quattro provini.

Qualora la serie delle colonne di prova non fornisca soddisfacenti garanzie in ordine alla regolarità ed alla buona conformazione delle colonne stesse o i risultati dei carotaggi e delle prove in sito ed il laboratorio fossero giudicati inaccettabili, si renderà necessaria la realizzazione di nuove serie di colonne di prova fino ad ottenere risultati soddisfacenti.

Nel caso in cui ciò non risultasse possibile per la natura dei terreni, il trattamento colonnare dovrà essere considerato irrealizzabile.



In fase di realizzazione dell'opera, l'esecuzione di ogni trattamento colonnare sarà documentata mediante la compilazione da parte dell'Appaltatore in contraddittorio con la DL, di una apposita scheda sulla quale dovranno essere registrati i seguenti dati:

- ✓ identificazione della colonna;
- ✓ data di inizio della perforazione e termine iniezione;
- ✓ profondità e modalità di perforazione con inizio e fine tratto consolidato;
- ✓ durata dell'iniezione;
- ✓ assorbimento totale effettivo di miscela di iniezione;
- ✓ tipo e quantitativo di additivi eventualmente impiegati;
- ✓ eventuale armatura, sua lunghezza e caratteristiche.

I materiali costituenti la singola armatura dovranno essere certificati dal produttore, in modo da soddisfare le indicazioni riportate nel presente Capitolato.

Nel caso in cui non siano dotati delle suddette certificazioni, il materiale non potrà essere posto in opera.

I controlli in fase esecutiva, sui trattamenti colonnari, da eseguire a cura e spese dell'Appaltatore, sotto il controllo della DL, dovranno essere finalizzati a verificare la congruenza dei risultati conseguiti in sede operativa con quelli definiti nella fase sperimentale e nel rispettare le tolleranze richieste.

Il diametro delle colonne e la resistenza a compressione monoassiale dovranno essere accertati mediante carotaggio a rotazione con batteria di aste e doppio carotiere tipo T2 e/o T6S con corone diamantate di diametro nominale,  $\geq 100$  mm, con la frequenza di almeno 3 carotaggi ogni 50 colonne eseguite.

I carotaggi dovranno essere eseguiti dopo l'applicazione del rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio spruzzato, posizionandoli nei punti scelti dalla Direzione Lavori, con andamento radiale rispetto all'asse della galleria ed ortogonale rispetto all'asse della colonna e dovranno essere spinti per l'intero spessore delle colonne stesse fino a penetrare nel terreno naturale.

Le carote estratte devono essere custodite con cura in apposite cassette catalogatrici.

In questa fase dovrà essere determinato l'indice R.Q.D. (indice di Recupero Modificato) espresso come percentuale di recupero del carotaggio tenendo conto dei soli spezzoni di carota di lunghezza  $\geq 100$  mm:

$$\text{R.D.Q.} = \frac{\text{Somma della lunghezza degli spezzoni} \geq 100}{\text{lunghezza perforata}} \times 100$$

Da ogni carota verranno selezionati alcuni spezzoni da sigillare con paraffina entro fustelle in PVC e da inviare in Laboratorio per le prove di resistenza a compressione, con rilievo della curva sforzi deformazioni, da eseguire per i tempi di maturazione corrispondenti a quelli dell'effettivo utilizzo del lavoro, la resistenza a compressione monoassiale, verrà determinata come la media dei risultati ottenuti su quattro provini.

Il corretto posizionamento delle colonne, la lunghezza e le eventuali deviazioni dell'asse saranno verificati mano a mano che procedono gli scavi in sotterraneo.

La DL potrà in ogni caso ordinare che si proceda ad ulteriori prove di controllo, il tutto a cura dell'Appaltatore.

## 9. OPERE DI CONSOLIDAMENTO

### 9.1 CLASSIFICAZIONE, DEFINIZIONI E NORMATIVE

#### 9.1.1 Classificazione

Le opere di cui in appresso sono riferite alla classificazione che segue:

- ✓ Ancoraggi (tiranti di ancoraggio; barre di ancoraggio e bulloni; chiodi);
- ✓ Dreni (microdreni; trincee drenanti; pozzi drenanti);
- ✓ Trattamenti colonnari (sistemi jetting o jet-grouting; mescolazione meccanica);
- ✓ Iniezioni (miscele cementizie stabili e instabili; miscele con cementi microfini stabili).

#### 9.1.2 Definizioni

##### ***Tiranti d'ancoraggio***

Per tiranti di ancoraggio si intendono elementi strutturali connessi al terreno o alla roccia, che in esercizio sono sollecitati a trazione. Le forze di trazione sono quindi applicate sulla struttura da tenere ancorata mediante una piastra di ripartizione (testata).

In tali elementi la sollecitazione di trazione è impressa in tutto, o in parte, all'atto del collegamento con l'opera ancorata.

Il tirante si compone delle seguenti parti:

- ✓ la testa di ancoraggio, costituita dal dispositivo di bloccaggio e dalla piastra di ripartizione;
- ✓ il tratto libero, che è il tratto intermedio di collegamento tra la testa e il tratto attivo;
- ✓ il tratto attivo (fondazione), che trasmette al terreno le forze di trazione del tirante.

In relazione alla durata di esercizio definita nel progetto i tiranti si distinguono in:

- ✓ provvisori, la cui funzione deve essere espletata per un periodo di tempo limitato e definito a priori (inferiore a 2 anni);
- ✓ permanenti, la cui funzione deve essere espletata per un periodo di tempo commisurato alla vita utile dell'opera ancorata.

Di norma l'armatura dei tiranti di ancoraggio è costituita da un fascio di trefoli in acciaio, tipo c.a.p., solidarizzati al terreno mediante iniezioni cementizie.

##### ***Barre di ancoraggio e bulloni***

Si tratta di elementi strutturali che, in esercizio, sono sollecitati a trazione, e che sono in grado di assorbire anche eventuali sollecitazioni taglienti.

Si tratta quindi di tiranti particolari, i cui elementi caratteristici sono:

- ✓ armatura costituita da una singola barra;
- ✓ lunghezza in genere limitata;
- ✓ solidarizzazione, di norma, per semplice cementazione.

Analogamente ai tiranti di ancoraggio è possibile operare distinzioni in base alle modalità di applicazione degli sforzi di trazione (attivi e passivi) ed in base alla durata di esercizio (provvisori e permanenti).

I bulloni sono generalmente caratterizzati dalla peculiarità di possedere dispositivi di ancoraggio ad espansione meccanica.

### **Chiodi**

Si tratta di ancoraggi tipicamente passivi, costituiti da elementi strutturali operanti in un dominio, di taglio e trazione, conseguente ad una deformazione da taglio.

I chiodi sono quindi generalmente privi di testa di ripartizione e 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.

### **Microdreni**

I microdreni sono costituiti da fori appositamente realizzati nel terreno mediante sonde di perforazione ed attrezzi con tubi parzialmente o totalmente filtranti.

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.

### **Trincee drenanti**

Le trincee drenanti consistono in scavi di sezione prestabilita, riempiti con materiale arido permeabile, di granulometria selezionata. Le trincee sono 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.

### **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 m, a interassi variabili 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 in genere non inferiore al 2%.

### ***Trattamenti colonnari jetting (jet-grouting)***

Si definiscono trattamenti colonnari jetting gli interventi di consolidamento e miglioramento dei terreni, mediante mescolazione in posto con leganti cementizi, con la tecnica esecutiva basata sull'impiego dei sistemi jetting (ad uno o più fluidi).

Perforato il terreno, l'iniezione jetting viene eseguita di norma in risalita, utilizzando quale circuito di iniezione la batteria di aste di perforazione e l'utensile di disgregazione, opportunamente corredato di ugelli di iniezione.

Per effetto della rotazione dell'asta durante l'estrazione, l'iniezione jetting realizza una colonna il cui diametro medio nominale dipende dalle modalità e dai parametri di iniezione utilizzati (n. dei fluidi, pressioni, velocità di rotazione e di risalita, etc.).

Gli elementi ottenuti, qualora previsto dal progetto, possono essere successivamente armati, utilizzando barre in acciaio ad aderenza migliorata o tubi metallici.

L'inserimento dell'armatura può avvenire a miscela cementizia fresca, per infissione a pressione, oppure riproforando le colonne con fanghi cementizi aventi la stessa composizione della miscela di iniezione.

### ***Iniezioni***

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) dotate di proprietà reologiche evolutive, inizialmente idonee alla penetrazione nel mezzo poroso o fratturato, e che raggiungono in seguito le caratteristiche adeguate agli scopi del trattamento.

I terreni iniettabili comprendono i terreni alluvionali o detritici, fino ad un certo limite di permeabilità (dalle ghiaie alle sabbie fini) e le rocce (da carsiche a microfessurate).

I trattamenti possono definirsi di:

- ✓ impregnazione, quando tendono a riempire i vuoti dei terreni sciolti porosi;
- ✓ intasamento, quando tendono a riempire fratture o cavità della roccia;
- ✓ ricomprensione, quando tendono a formare, nei terreni fini, un reticolo di lenti resistenti e scarsamente deformabili, ottenuto per fratturazione idraulica (claquage).

Le miscele di iniezione consistono in:

- ✓ sospensioni di un legante idraulico in acqua con eventuali additivi stabilizzanti

- (miscele cementizie);
- ✓ soluzioni colloidali, ottenute sciogliendo in acqua colloidali puri (silicato di sodio) ed utilizzando reagenti organici (acetato di etile);
- ✓ soluzioni pure inorganiche, costituite da soluzioni acquose di silice pura con impiego di reagenti inorganici.

In relazione alla penetrabilità ed alla stabilità le sospensioni cementizie si definiscono:

- ✓ miscele cementizie instabili, costituite da miscele binarie, nelle quali la fase solida tende a sedimentare con rilevante cessione di acqua libera (bleeding);
- ✓ miscele cementizie stabili, costituite da miscele ternarie (acqua- cemento-bentonite) o da miscele binarie corrette con additivi disperdenti e stabilizzanti;
- ✓ miscele con cementi microfini, costituite da miscele binarie, con impiego di cementi macinati e additivati.

### **9.1.3 Normative di riferimento**

I lavori saranno eseguiti in accordo, ma non limitatamente, alle seguenti leggi e normative.

- ✓ Decreto Ministeriale 09/01/1996: Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in conglomerato cementizio armato normale e precompresso.
- ✓ Decreto Ministeriale 11/03/1988: Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- ✓ Raccomandazioni A.I.C.A.P. "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce", edizione 1993.
- ✓ Altre norme UNI-CNR, ASTM, DIN che saranno richiamate ove pertinenti.

## **9.2 TIRANTI DI ANCORAGGIO**

Le caratteristiche geometriche e strutturali dei tiranti sono definite nel progetto definitivo.

Elementi costitutivi dei tiranti e delle barre di ancoraggio

Nelle strutture di ancoraggio che lavorano totalmente o prevalentemente a trazione si distinguono i seguenti elementi:

### *a) Testata*

È il dispositivo di ripartizione delle sollecitazioni di ancoraggio sulla opera ancorata; è normalmente costituita da una piastra metallica di adeguate dimensioni, dotata di fori passanti per ospitare le armature, con i relativi dispositivi di bloccaggio, ed il condotto di iniezione.

*b) Armatura*

È l'elemento destinato a trasmettere le sollecitazioni dalle testate al terreno o alla roccia; è costituita da trefoli o barre, a seconda del tipo di ancoraggio.

*c) Tratto libero*

È la parte di armatura che non è solidarizzata al terreno o alla roccia, la cui lunghezza caratterizza la deformabilità dell'ancoraggio.

*d) Fondazione (Bulbo di ancoraggio)*

È il tratto di armatura che viene solidarizzato al terreno o alla roccia e trasferisce le sollecitazioni per attrito.

*e) Canna di iniezione*

È costituita da un tubo generalmente in PVC, dotato o meno di valvole a manchettes, che viene collegato al circuito di iniezione per la solidarizzazione dell'ancoraggio al terreno o alla roccia. Nei tiranti di ancoraggio fra il tratto libero e la fondazione è di norma interposto un dispositivo di separazione, chiamato sacco otturatore, tenuto in sede da due tamponi posti alle estremità. La funzione del sacco otturatore è di bloccare le eventuali fughe di miscela cementizia attraverso il tratto libero; esso, dunque, è particolarmente necessario nei tiranti aventi inclinazione prossima all'orizzontale.

Nei tiranti definitivi sono presenti dispositivi atti a realizzare la protezione delle armature anche in corrispondenza del tratto di fondazione. Questo dispositivo è in genere costituito da una guaina in PVC corrugata, dotata di centratori esterni, connessa tramite giunzioni a tenuta all'ogiva o puntale terminale, ed al tampone del sacco otturatore. Un condotto di iniezione, dotato di sfiato, consente di eseguire il riempimento a volume controllato dell'interno di questa guaina (bulbo interno). Nel caso di tiranti a iniezioni selettive, la guaina grecata è collegata alla canna di iniezione e reca incorporate delle valvole a manchettes.

### **9.2.1 Prove tecnologiche preliminari**

Prima di dare inizio ai lavori, la metodologia esecutiva dei tiranti, quale proposta dall'Appaltatore, dovrà essere messa a punto dalla stessa, a sua cura, mediante l'esecuzione di un adeguato numero di tiranti preliminari di prova.

Il numero dei tiranti preliminari di prova sarà stabilito dalla Direzione Lavori in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del sottosuolo.

Il numero minimo per le varie tipologie di tiranti di prova potrà essere riferito alle indicazioni fornite in tal senso dalle raccomandazioni A.I.C.A.P.

I tiranti preliminari di prova dovranno essere eseguiti in aree limitrofe a quelle interessanti i tiranti progetto e comunque rappresentative dal punto di vista geotecnico e idrogeologico.

Le modalità di applicazione e l'entità del carico massimo di prova e così pure la successione dei cicli di carico e scarico, saranno prescritti dalla Direzione Lavori, in accordo con eventuali prescrizioni di progetto e con le raccomandazioni A.I.C.A.P su "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce" (maggio 1993). I tiranti preliminari di prova dovranno essere eseguiti alla presenza della Direzione Lavori cui spetta l'approvazione delle modalità esecutive da adottarsi per i tiranti di progetto. Nel caso l'Appaltatore proponga di variare nel corso dei lavori 'la metodologia esecutiva sperimentata ed approvata inizialmente, dovrà dar corso a sua cura e spese a nuove prove tecnologiche in ragione dello 0,5 % del numero totale dei tiranti ancora da eseguire con un minimo di un tirante prova.

### **9.2.2 Soggezioni geotecniche, idrogeologiche e ambientali**

Le tecniche di perforazione e le modalità di connessione al terreno dovranno essere definite in relazione alla natura dei materiali da attraversare e delle caratteristiche idrogeologiche locali.

La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere messi a punto mediante l'esecuzione di tiranti di ancoraggio preliminari di prova, approvati dalla D.L. prima dell'inizio della costruzione dei tiranti di progetto. Particolare cura dovrà essere posta relativamente alla verifica dell'aggressività dell'ambiente nei riguardi del cemento impiegato nella realizzazione della miscela di iniezione dei tiranti.

Tale verifica verrà eseguita, su richiesta della Direzione Lavori a cura e spese dell'Appaltatore.

L'ambiente verrà dichiarato aggressivo quando:

- ✓ il grado idrotimetrico (durezza) dell'acqua del terreno o di falda risulti < 3 F;
- ✓ il valore del pH dell'acqua risulti < 6;
- ✓ il contenuto in CO<sub>2</sub> disciolta nell'acqua risulti > 30 mg/l;
- ✓ il contenuto in NH<sub>4</sub> dell'acqua risulti > 30 mg/l;
- ✓ il contenuto in ioni Mg dell'acqua risulti > 300 mg/l;
- ✓ il contenuto in ioni SO dell'acqua risulti > 600 mg/l o > 6000 mg/kg di terreno secco;
- ✓ i tiranti si trovino in vicinanza di linee ferroviarie o di altri impianti a corrente continua non isolati e con potenze maggiori di 50 kW;
- ✓ l'opera risulti situata a distanza ≤ 300 m dal litorale marino.

In caso di ambiente aggressivo accertato, l'utilizzo del tipo di cemento dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori e l'Appaltatore dovrà certificarne l'idoneità.

### **9.2.3 Materiali ed elementi costruttivi**

#### ***Acciai e dispositivo di bloccaggio***

Gli acciai impiegati nella realizzazione dei tiranti di ancoraggio dovranno essere conformi alle norme del D.M.09.01.1996 e successivi aggiornamenti emanate in applicazione dell'art.21 della Legge 5/11/1971 n. 1086.



I dispositivi di bloccaggio dovranno essere conformi alle disposizioni dell'allegato "B" della Circolare Ministero LL.PP. 30/06/1980 ed eventuali successivi aggiornamenti.

### ***Armature metalliche***

#### Trefoli tipo c.a.p.

Si utilizzeranno trefoli  $\Phi$  6/10" in acciaio liscio; le caratteristiche dei trefoli sono qui di seguito elencate:

Si utilizzeranno trefoli  $\Phi$  6/10" in acciaio liscio; le caratteristiche dei trefoli sono qui di seguito elencate:

- componenti : 7 fili  $\Phi$  5 mm
- diametro nominale : 15.20 mm
- sezione nominale : 139 mm<sup>2</sup>
- tensione effettiva all'1% di allungamento : 225 kN
- tensione di rottura effettiva : 250 kN
- modulo elastico : E=200 ÷ 205 KN/mm<sup>2</sup>
- limite elastico convenzionale allo 0.1% :  $f_p(1)_k$  1600N/mm<sup>2</sup>
- tensione di rottura :  $f_{ptk} \geq 1800$  N/mm<sup>2</sup>
- allungamento a rottura su 610 mm : 5.2 ÷ 5.1%
- peso : 1.1Kg/m

Di conseguenza le tensioni ammissibili sono:

- in esercizio :  $\sigma_a \leq 0.6 f_{ptk}$
- in fase provvisoria :  $\sigma_{ai} \leq 0.85 f_p(1)_k$

a cui corrispondono i seguenti valori dei carichi di trazione:

- in esercizio :  $T \leq 150$  kN
- in fase transitoria <sup>(\*)</sup> :  $T \leq 180$  kN

<sup>(\*)</sup> Per prove di collaudo o per brevi fasi di carico temporanee.

#### Barre - Barre in acciai speciali

Le barre saranno in acciaio del tipo ad aderenza migliorata (a.m.), di qualità e caratteristiche conformi a quanto specificato nella Sez. VI.

È consentito, ove espressamente previsto dai disegni di progetto, l'impiego di barre in acciai speciali ed a filettatura continua, tipo Dywidag o simili. Le caratteristiche di tali acciai dovranno essere certificate dal produttore, e verificate a norma dei regolamenti già richiamati.

### ***Apparecchi di testata***

#### Dispositivi di bloccaggio

I dispositivi di bloccaggio dei tiranti a trefoli dovranno essere conformi alle disposizioni dell'Allegato "B" della Circolare Ministeriale LL.PP. 30 giugno 1980 ed eventuali successivi aggiornamenti; per i bulloni si farà invece riferimento al D.M. del 9 gennaio 1996.

**Piastre di ripartizione**

Si adotteranno piastre di ripartizione le cui dimensioni dovranno essere scelte in relazione alle caratteristiche geometriche e di portata dei tiranti ed alle caratteristiche di resistenza e deformabilità del materiale di contrasto.

#### Miscele di iniezione

Saranno usate miscele a base di cemento, aventi la seguente composizione per 1 m<sup>3</sup> di prodotto:

- ✓ acqua: 600 kg;
- ✓ cemento: 1200 kg;
- ✓ additivi: 10-12 kg.

Il cemento dovrà presentare contenuto in cloro, inferiore allo 0,05% in peso e contenuto totale di zolfo da solfuri, inferiore allo 0,15% in peso. L'acqua dovrà essere conforme alle norme UNI 7163 dell'aprile 1979. Gli additivi non dovranno essere aeranti. La miscela dovrà presentare i requisiti seguenti, periodicamente controllati durante le lavorazioni.

#### **9.2.4 Distanziatori, tamponi e condotti di iniezione**

I distanziatori avranno lo scopo di disporre l'armatura di ancoraggio nel foro di alloggiamento in modo che sia garantito il ricoprimento dell'acciaio da parte della miscela di iniezione.

La forma dei distanziatori dovrà quindi essere tale da consentire il centraggio dell'armatura nel foro di alloggiamento durante tutte le fasi di manipolazione e nello stesso tempo non dovrà ostacolare il passaggio della miscela; in ogni caso in corrispondenza del distanziatore la sezione libera di foro deve 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 che devono sopportare ed essere disposti a intervalli non superiori a 5 m nel tratto libero; nel tratto di fondazione saranno intercalati da legature e disposti a intervalli 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 saranno 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.

I tamponi dovranno essere realizzati o con elementi meccanici o con elementi chimici (materiale iniettato) aventi caratteristiche tali da garantire l'armatura dalla corrosione.

Le caratteristiche dei condotti di iniezione da impiegare dovranno essere tali da soddisfare i seguenti requisiti:

- ✓ avere resistenza adeguata alle pressioni di iniezione risultando cioè garantiti per resistere alla pressione prevista con un coefficiente di sicurezza pari ad 1,5

- e comunque avere una pressione di rottura non inferiore a 10 bar;
- ✓ avere diametro interno minimo orientativamente pari a 10 mm nel caso in cui non siano presenti aggregati, pari a 16 mm in caso contrario; ciò al fine di consentire il passaggio della miscela d'iniezione.

### **9.2.5 Tolleranze geometriche**

Le tolleranze ammesse nella realizzazione dei fori sono le seguenti:

- ✓ il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di progetto e non superiore del 10% di tale diametro;
- ✓ la lunghezza totale di perforazione dovrà risultare conforme al progetto;
- ✓ la variazione di inclinazione e di direzione azimutale non dovrà essere maggiore di  $\pm 2^\circ$ ;
- ✓ la posizione della testa foro (intersezione dell'asse del tirante con il piano d'intestazione) non dovrà discostarsi più di 10 cm dalla posizione di progetto.

La lunghezza totale dell'armatura e la lunghezza del tratto attivo, posizionato nella parte terminale della perforazione, dovranno risultare conformi alle indicazioni progettuali.

### **9.2.6 Perforazione**

La perforazione potrà essere eseguita a rotazione o a rotopercussione, in materie di qualsiasi natura e consistenza, compreso calcestruzzi, murature, trovanti e/o roccia dura, anche in presenza di acqua.

Il foro potrà essere eseguito a qualsiasi altezza e l'Appaltatore dovrà provvedere ad eseguire idonei ponteggi ed impalcature, rispondenti a tutte le indicazioni di Legge.

Il foro dovrà essere rivestito nel caso che il terreno sia rigonfiante o non abbia coesione sufficiente ad assicurare la stabilità delle pareti del foro durante e dopo la posa delle armature; in roccia si rivestirà il foro nei casi in cui:

- ✓ l'alterazione e la fessurazione della roccia siano tali da richiederlo per assicurare la stabilità delle pareti durante e dopo la posa delle armature;
- ✓ la natura della roccia sia tale da far temere la formazione di spigoli aguzzi lungo le pareti del foro, suscettibili di danneggiare le guaine di protezione.

Il fluido di perforazione potrà essere acqua, aria, una miscela di entrambi, oppure, unicamente per perforazioni in terreni sciolti, un fango di cemento e bentonite.

L'impiego di aria non è consentito in terreni incoerenti sotto falda.

Al termine della perforazione si dovrà procedere al lavaggio del foro con acqua o aria.

Nel caso coi terreni con prevalente componente argillosa, di rocce marnose tenere e terreni argillosi sovraconsolidati, il lavaggio sarà eseguito con sola aria, evitando l'utilizzo di fluidi di perforazione.

Quando sia previsto dal progetto e sia compatibile con la natura dei terreni, si potranno eseguire, mediante l'impiego di appositi utensili allargatori, delle scampanature di diametro noto, regolarmente intervallate lungo la fondazione del tirante. 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'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese, a preventive iniezioni di intasamento all'interno del foro con miscele e modalità approvate dalla Direzione Lavori.

Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoncini con portate e pressioni adeguate. Si richiedono valori minimi di 200 l/min e 25 bar, rispettivamente. Nel caso di perforazione a rotopercolazione con martello a fondo foro si utilizzeranno compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:

- ✓ portata  $\geq 10 \text{ m}^3/\text{min}$ ;
- ✓ pressione  $\geq 8 \text{ bar}$ .

### **9.2.7 Allestimento del tirante**

Ultimata la rimozione dei detriti si provvederà all'allestimento del tirante:

- riempimento del foro con miscela cementizia (cementazione di 1<sup>a</sup> fase), se necessaria;
- introduzione del tirante;
- riempimento dei dispositivi di separazione e protezione interni (sacco otturatore, bulbo interno);
- esecuzione delle iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati;
- posizionamento della testata e dei dispositivi di tensionamento;
- prove di carico di collaudo;
- tensionamento del tirante;
- iniezione della parte libera;
- protezione della testata.

Se presente l'iniezione di 1<sup>a</sup> fase l'introduzione del tirante potrà essere eseguita solo allorché:

- la perforazione sia interamente rivestita;
- il tirante sia dotato della valvola di fondo esterna all'ogiva;
- il riempimento avvenga contemporaneamente all'estrazione dei rivestimenti e siano operati gli eventuali rimbocchi finali;
- i trefoli ed i condotti di iniezione siano opportunamente prolungati fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezioni e di tesatura;
- il sacco otturatore, nel caso di tiranti orizzontali o debolmente inclinati ( $i \leq 25^\circ$ ), sia presente.

#### ***Iniezione***

La solidarizzazione dell'armatura al terreno verrà eseguita in due o più fasi, come di seguito specificato.

#### **Cementazione di 1<sup>a</sup> fase**

Se necessaria sarà eseguita all'atto del completamento della perforazione, secondo quanto specificato al precedente punto; si utilizzerà un volume di miscela cementizia commisurato al volume teorico del foro.

In questa fase si eseguiranno anche le operazioni di riempimento del sacco otturatore, ove presente, e del bulbo interno per i tiranti definitivi, utilizzando quantitativi di miscela corrispondenti ai volumi teorici degli stessi.

Completata l'iniezione di 1<sup>a</sup> fase si provvederà a lavare con acqua il cavo interno del tubo di iniezione.

#### Iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati

Trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore dalla formazione della guaina, si darà luogo alla esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio. Si procederà 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 dovrà superare il limite di 60 bar; in caso contrario la valvola potrà essere abbandonata. Ottenuta l'apertura della valvola si darà luogo all'iniezione in pressione fino ad ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti in progetto. La pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito. 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).

I valori di iniezione saranno 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 sarà 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 della canna.

#### Caratteristiche degli iniettori

Per eseguire l'iniezione dovranno essere utilizzate delle pompe oleodinamiche a pistoncini, a bassa velocità, aventi le seguenti caratteristiche minime:

- ✓ pressione max di iniezione: ≈ 100 bar
- ✓ portata max: ≈ 2 m<sup>3</sup>/ora
- ✓ n. max pistonate/minuto: ≈ 60.

Le caratteristiche delle attrezzature utilizzate dovranno essere comunicate alla Direzione Lavori, specificando in particolare alesaggio e corsa dei pistoncini.

#### **9.2.8 Elementi di protezione**

In relazione alla aggressività dell'ambiente sono ammesse le seguenti due classi di protezione:

- ✓ classe 1, per tiranti provvisori, in ambiente aggressivo e non aggressivo, e per tiranti permanenti in ambiente non aggressivo, con protezione che consisterà in una guaina di polietilene o di polipropilene che avvolge il tratto libero;

- ✓ classe 2, per tiranti permanenti, in ambiente aggressivo e non aggressivo, con protezione di tutto il tirante, che sarà costituita da una guaina di polietilene o di polipropilene; essa potrà essere flessibile o semirigida e liscia per il tratto libero; sarà invece grecata per il tratto di fondazione del tirante.

Lo spessore della guaina non dovrà essere inferiore a 1,5 mm e dovrà garantire contro lacerazioni in tutte le fasi di lavorazione e posa ed in presenza delle sollecitazioni meccaniche e chimiche previste in esercizio.

La sezione interna della guaina dovrà essere pari ad almeno quattro volte la sezione trasversale complessiva delle armature (trefoli o barre) contenute e dovrà comunque assicurare uno spessore di iniezione per il ricoprimento degli elementi più esterni dell'armatura di almeno 5 mm. Per le guaine corrugate dovrà risultare una distanza tra due nervature successive > 5 mm ed una differenza tra i diametri interni, maggiore e minore, superiore a 8 mm.

Ciascun trefolo o barra dovrà essere ulteriormente protetto:

- ✓ da una guaina individuale in P.V.C., polietilene o polipropilene nella parte libera;
- ✓ da una verniciatura in resina epossidica elasticizzata nel tratto di fondazione.

Gli spazi residui tra guaina e pareti del perforo dovranno essere riempiti con miscela cementizia.

Gli spazi residui tra armatura e guaina dovranno essere perfettamente riempiti con grasso meccanico chimicamente stabile, inalterabile e non saponificabile.

### **9.2.9 Tesatura e collaudo**

Trascorsi ventotto giorni dall'ultima iniezione, o meno, secondo il tipo di miscela, ogni tirante verrà sottoposto a tesatura di collaudo. L'inizio delle operazioni di tesatura e collaudo dovrà essere comunque autorizzato dalla D.L.

La trazione di collaudo ( $N_c$ ) è pari a 1,2 volte la trazione massima di esercizio ( $N_{es}$ ).

La prova di collaudo si eseguirà assegnando dapprima al tirante una trazione di assestamento  $N_0=0,10 N_{es}$  e misurando la corrispondente posizione delle armature rispetto alle piastre di testata. I tiranti che non soddisferanno i requisiti di collaudo verranno sostituiti con nuovi tiranti di caratteristiche e posizione concordate con la D.L. In tali casi, restando inteso che comunque i maggiori oneri che ne deriveranno saranno a totale carico dell'Appaltatore.

Ai tiranti risultanti idonei verrà applicata gradualmente e senza interruzioni la forza di tesatura iniziale prevista dal progetto. Al termine delle operazioni di tesatura verranno serrati gli organi di bloccaggio.

Le apparecchiature impiegate dovranno consentire le seguenti precisioni di misurazione:

- ✓ per gli allungamenti di 0,1 mm;
- ✓ per le forze, del 2% della trazione massima di esercizio ( $N_{es}$ ).

Esse dovranno essere tarate presso un laboratorio Ufficiale; è facoltà della Direzione Lavori rivedere a cura dell'Appaltatore la ripetizione della taratura in caso di impieghi prolungati, o ripetuti per più di 50 tiranti, o in caso di risultati che diano adito a dubbi sulla loro attendibilità.

### **9.2.10 Protezioni anticorrosive in opera**

La protezione anticorrosiva del tratto libero del tirante sarà completata iniettando all'interno della guaina la miscela utilizzata nelle operazioni di iniezione dopo il completamento delle operazioni di tesatura del tirante.

L'iniezione nel tratto libero della miscela cementizia prima della tesatura o di fasi eventuali di ritesatura, potrà avvenire solo per armature costituite da trefoli a sezione compatta, ingrassati e protetti da guaine individuali in P.V.C., in modo che sia assicurato lo scorrimento tra guaina e trefolo con minime resistenze.

La protezione della testa del tirante potrà essere ottenuta, nei casi in cui è prescritta la protezione di classe 1, con un getto della miscela indicata previa aggiunta di additivi antiritiro, mentre nel caso si debba realizzare una protezione di classe 2, si provvederà all'incapsulamento della testa mediante involucri protettivi di polietilene o polipropilene di spessore minimo pari a 2 mm che verranno connessi per saldatura alla guaina che avvolge il tratto libero; successivamente, con un getto di miscela cementizia, armata con rete, si proteggerà ulteriormente la testa dagli urti e dalle abrasioni. Per un periodo non inferiore a centottanta giorni decorrente dalla data della ultimazione delle operazioni di tesatura di collaudo, le teste di tutti i tiranti dovranno essere lasciate accessibili per le operazioni di controllo e ritesatura da eseguire rispettivamente a novanta e centottanta giorni dalla data della tesatura di collaudo, nelle quantità che saranno prescritte dalla D.L. e comunque non inferiore al 20% dei tiranti.

## **9.3 BARRE D'ANCORAGGIO E BULLONI**

### **9.3.1 Perforazione**

Valgono le prescrizioni già indicate per i tiranti di ancoraggio (punto 2.0 e seguenti) Nel caso di perforazione di piccolo diametro in roccia ( $\phi \leq 80 \div 100$  mm) e di manifesta stabilità del foro, potrà essere omesso l'impiego dei rivestimenti.

### **9.3.2 Allestimento dell'ancoraggio**

Completata la perforazione e rimossi i relativi detriti mediante adeguato prolungamento della circolazione dei fluidi, si provvederà a realizzare l'ancoraggio, procedendo con le seguenti operazioni:

- ✓ introduzione dell'armatura;
- ✓ esecuzione dell'iniezione primaria e contemporanea estrazione del rivestimento;
- ✓ esecuzione delle iniezioni selettive se ed ove previste;

- ✓ posizionamento della testata e dei dispositivi di tensionamento;
- ✓ eventuali prove di carico di collaudo;
- ✓ tensionamento della barra.

### 9.3.3 Iniezione

#### ***Iniezione di miscele cementizie***

Si applicano le specifiche già indicate per i tiranti di ancoraggio (punto 2.0 e seguenti), sia per le iniezioni di 1<sup>a</sup> fase, a gravità o a bassa pressione, sia per le iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati, quando previste.

#### ***Iniezione di resine***

Nell'esecuzione di iniezioni con resine sintetiche si adotteranno modalità operative conformi alle raccomandazioni fornite dal produttore.

Per barre di piccolo diametro ( $\phi = 15 \div 20$  mm) si potrà adottare il sistema a "cartuccia". In tal caso si posiziona in fondo al foro una cartuccia di vetro contenente i componenti della resina, opportunamente separati. Si infila quindi la barra, facendola ruotare per rompere la cartuccia e mescolare i componenti della resina, dando così luogo al processo di polimerizzazione. Per barre di diametro maggiore si adotteranno di norma resine fluide, che saranno iniettate tramite un condotto di mandata con ugello di fuoriuscita posto in prossimità del fondo del foro. La testata sarà dotata di un tubicino di sfiato, di norma in rame, che sarà occluso per piegatura a iniezione completata.

Le resine saranno di norma impiegate per la solidarizzazione delle barre in acciaio alla roccia. Preferenzialmente saranno impiegate resine epossidiche a due componenti e resine poliesteri insature.

Oltre al corretto dosaggio dei componenti, i principali fattori che influenzano il 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 partecipano della struttura della macromolecola, è generalmente causa di ritiro e/o porosità.

Sarà necessario che ciascun componente non sia solubile in acqua e che l'eventuale assorbimento di acqua non comporti alterazioni nel processo di polimerizzazione. Particolari accorgimenti dovranno essere presi per l'impiego sotto battente d'acqua, per evitare porosità e discontinuità.

La scelta della resina dovrà essere fatta tenendo conto dei seguenti fattori:

- ✓ viscosità: i valori dovranno essere compresi tra 300 e 3000 cP a 20° e devono essere misurati con il metodo ASTM D2393 - 72;



- ✓ tempo di gel: valore da definire a cura del produttore o a seguito di prove preliminari, in relazione alle caratteristiche dell'ambiente, ed ai tempi di realizzazione; il valore dovrà essere misurato secondo il metodo ASTM D2471 -71;
- ✓ assenza di solventi, diluenti, o altri componenti estranei alla polimerizzazione: la differenza tra il peso della miscela fluida iniziale e della stessa miscela indurita dovrà essere inferiore al 5% del peso iniziale; la polimerizzazione non dovrà dar luogo a fenomeni secondari dannosi come, per esempio, sviluppo di gas;
- ✓ compatibilità con l'eventuale presenza di acqua in fase di polimerizzazione: l'accertamento dovrà essere fatto attraverso prove di confronto della resistenza a trazione di resine indurite in aria ed in acqua, su provini del tipo 2 indicati nella UNIPLAST 5819 - 66 (con spessore di 10 mm); la riduzione di resistenza dovrà essere inferiore al 10% del valore della resistenza della resina indurita all'aria.

#### **9.4 CHIODI**

La posa in opera dei chiodi sarà eseguita tramite 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 ed alla geometria del foro;
- ✓ introduzione dell'armatura;
- ✓ esecuzione dell'iniezione, fino al completo riempimento dell'intercapedine.

Per chiodi in vetroresina si utilizzeranno solo prodotti chimicamente affini al materiale costituente l'armatura. In casi e per applicazioni particolari i chiodi potranno essere inseriti a pressione, con o senza battitura, con o senza jetting (attraverso la sezione cava). Con "vetroresina" si intende un materiale composito le 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. Di norma i chiodi in vetroresina saranno a sezione circolare, piena o cava, con diametri variabili da 20 a 60 mm; per i profilati a sezione cava si richiedono spessori minimi non inferiori a 5 mm.

Ove necessario, o espressamente richiesto dal progetto, le barre dovranno essere del tipo ad aderenza migliorata, ad esempio mediante trattamento di filettatura continua. L'impiego di profilati con sezioni di geometria particolare (a doppio T, ad U, prismatica) potrà essere consentito, ove previsto da progetto. I materiali utilizzati dovranno essere certificati dal produttore.

Le caratteristiche minime richieste sono riportate nella tabella seguente:

**Tab. 9.1 – Caratteristiche e limiti di accettabilità delle vetroresine per chiodi**

CARATTERISTICHE	UNITA' DI MISURA	MATRICE		METODO DI PROVA
		POLIESTERE	RESINA EPOSSIDICA	
Peso specifico	Kg/dm <sup>3</sup>	1.65 - 1.85	1.9	UNI 7092-72
Contenuto di vetro in percentuale del peso	%	50 ÷ 70	60 ÷ 75	--
Resistenza a trazione	MPa	400 ÷ 650	> 800	UNI 5819/66
Resistenza a flessione	MPa	300 ÷ 600	> 750	UNI 7219/73
Resistenza a compressione	MPa	150 ÷ 300	450	UNI 4279/72
Modulo di elasticità	MPa	15000 ÷ 32000	35000 ÷ 42000	UNI 5819/66

## 9.5 MICRODRENI

### 9.5.1 Generalità

I dreni hanno la funzione di captare venute localizzate di acqua o di limitare al valore richiesto il regime delle pressioni interstiziali. Le caratteristiche dei dreni per quanto concerne tipo, interasse, lunghezza, diametro e disposizione saranno definite dal progetto; l'Appaltatore dovrà realizzare i dreni con le prescritte caratteristiche, sottoponendo preventivamente alla DL eventuali proposte di variazione rispetto alle caratteristiche tipologiche prefissate, che dovranno comunque essere tali da garantire le medesime capacità e funzionalità.

### 9.5.2 Caratteristiche dei tubi filtranti

Il tubo filtrante avrà caratteristiche (diametro, lunghezza, e apertura della fessurazione) conforme al progetto.

Il materiale costituente dovrà essere plastico non alterabile, con spessore e resistenza tale da garantire la corretta posa in opera nelle specifiche condizioni del sito e di ciascuna operazione. Qualora non diversamente prescritto, lo spessore sarà di almeno 2.5 mm, l'apertura della finestratura di 0.2 mm, il diametro esterno del tubo di almeno 40 mm. Il tratto cieco avrà diametro interno uguale a quello del tratto finestrato. La parte terminale dei tubi di ciascun dreno, per una lunghezza di almeno 5 m, sarà sufficientemente resistente da non subire danni o deformazioni consistenti, una volta in opera, in conseguenza del congelamento dell'acqua in essa contenuta.

La perforazione dovrà essere condotta con modalità approvate, comunque con un solo diametro 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 sarà sempre accompagnata da

rivestimento provvisorio, senza impiego di fluidi diversi da acqua eventualmente additivata con polimeri biodegradabili in 20÷40 ore. È ammesso uno scostamento massimo dell'asse teorico non superiore al 3%.

Al termine della perforazione il foro sarà energicamente lavato con acqua pulita.

Si eviterà, se non altrimenti approvato, di perforare contemporaneamente dreni con interasse inferiore a 10 m.

Il dreno sarà inserito nell'interno del rivestimento provvisorio, che sarà solo successivamente estratto. La bocca del tubo dovrà sporgere di 4-6 cm dal paramento di boccaforo e verrà protetta da staffe di acciaio sporgenti.

Nel caso di dreni con tratto cieco maggiore di 10 m in lunghezza, il tubo dovrà essere dotato di accessori atti a separare il tratto filtrante da quello cieco mediante cementazione dell'intercapedine tra tubo e foro lungo il tratto cieco. A questo scopo dovranno essere predisposti:

- ✓ 2 valvole a manicotto distanti 100 e 150 cm dal punto di giunzione tra tratto filtrante e cieco;
- ✓ 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 di tubo cieco più profondo;
- ✓ alcune valvole a manicotto lungo la parte cieca del tubo non occupato dal sacco otturatore.

La cementazione si eseguirà ponendo in opera una miscela cementizia, mediante un condotto di iniezione munito di doppio otturatore, subito dopo l'estrazione del rivestimento provvisorio. La sequenza operativa sarà la seguente:

1. posizionamento del sacco otturatore in corrispondenza della valvola inferiore;
2. 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 sH ed un prudenziale margine rispetto alla pressione che procura la lacerazione e la sfilatura del tubolare dalle sue legature alle estremità (sH equivale alla differenza di quota tra valvola inferiore e bocca foro);
3. 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.

Ove previsto dal progetto il tratto filtrante sarà rivestito con un foglio di geotessile, le cui caratteristiche saranno di volta in volta specificate, e comunque non inferiori a quanto prescritto nella tabella seguente:

**Tab. 9.2 – Caratteristiche minime e limiti di accettabilità dei geotessili per drenaggi**

<i>spessore</i>	2.5 mm
<i>peso</i>	300 g/m <sup>2</sup>
<i>resistenza a trazione (UNI 8639)</i>	350 N/5 cm
<i>allungamento (UNI 8639)</i>	70%
<i>trazione trasversale (UNI 8639)</i>	500 N/5 cm
<i>allungamento trasversale (UNI 8639)</i>	30%
<i>permeabilità</i>	5 · 10 <sup>-3</sup> cm/sec

Terminate le operazioni di installazione ed 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 scorrerà entro il tubo grazie a dei pattini opportunamente disposti e tali da prevenire ogni danneggiamento del dreno.

Il lavaggio sarà eseguito a partire da fondo dreno, risalendo a giorno in forma graduale e progressiva dopo aver osservato la fuoriuscita di acqua limpida da bocca foro. Il lavaggio sarà se necessario ripetuto fino alla sicura creazione di un filtro rovescio naturale nel terreno circostante il dreno, in modo tale da assicurare che nelle fasi di esercizio il drenaggio delle acque non sia accompagnato da indesiderati fenomeni di trasporto solido.

A installazione e lavaggio avvenuti, ogni dreno sarà mantenuto tale da permettere l'accesso alla bocca per periodiche ispezioni e misure della portata emunta.

## **9.6 TRINCEE DRENANTI**

Per trincee di modesta profondità (6 ÷ 7 m) 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 di riempimento saranno effettuate a seguire.

Per l'esecuzione di trincee drenanti profonde saranno 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.

Le pareti dello scavo saranno di norma rivestite con un foglio di geotessile le cui caratteristiche saranno stabilite dal progettista, in relazione alla granulometria del terreno naturale e del materiale di riempimento.

Di norma il geotessile deve essere prodotto utilizzando poliestere insensibile ai raggi ultravioletti, alla aggressione salina e non putrescibile. Il processo meccanico di produzione deve prevedere la legatura dei filamenti (agugliatura), senza aggiunta di leganti.

In ogni caso il geotessile dovrà avere caratteristiche non inferiori a quanto riportato nella tabella precedente e rispondere alle prescrizioni riportate nella Sez. Movimenti di Terra del presente Capitolato.

I vari fogli di geotessile dovranno essere cuciti tra loro per formare il rivestimento del drenaggio; qualora la cucitura non venga effettuata, la sovrapposizione dei fogli dovrà essere di almeno cm 50.

La parte inferiore del geotessile, a contatto con il fondo della trincea e per un'altezza di almeno cm 30 sui fianchi, dovrà essere impregnata con bitume a caldo, o reso fluido con opportuni solventi che non abbiano effetto sul geotessile. Tale impregnazione potrà essere fatta prima della messa in opera nel cavo del "geotessile" stesso o, per trincee poco profonde, anche dopo la sua sistemazione in opera. Si dovrà prevedere la fuoriuscita di una quantità di geotessile sufficiente ad una doppia sovrapposizione dello stesso sulla sommità del drenaggio (2 volte la larghezza della trincea).

Sul fondo dello scavo si disporrà un tubo drenante, corrugato e formato in PVC del diametro non inferiore a 80 mm, per la raccolta delle acque drenate.

Il cavo rivestito sarà quindi immediatamente riempito con materiale drenante, curando in particolare che il geotessile aderisca alle pareti dello scavo.

Si utilizzerà materiale lapideo pulito e vagliato, tondo o di frantumazione, con pezzatura massima non eccedente i 70 mm e trattenuto al crivello 10 mm UNI.

Il riempimento verrà arrestato a circa 50 cm dal piano campagna. Quindi saranno risvoltati i fogli di geotessile e si ritomberà il tutto con argilla compattata.

## **9.7 POZZI DRENANTI**

### **9.7.1 Attrezzature**

Per la realizzazione di schermi di pozzi drenanti saranno utilizzate le attrezzature per l'esecuzione di pali trivellati con impiego di colonne di rivestimento provvisorio. È tassativamente esclusa la possibilità di impiego di fanghi bentonitici. Possibilmente la perforazione dovrà essere effettuata "a secco"; l'impiego di acqua o di fanghi biodegradabili potrà essere autorizzato, in determinate circostanze, dalla DL.

Per la realizzazione dei collettori di fondo saranno utilizzate sonde a rotazione e/o rotopercussione a manovra corta, le cui dimensioni dovranno essere compatibili con il diametro dei pozzi. Le sonde potranno essere a funzionamento automatico, telecomandato o manuale.

Il diametro della perforazione non dovrà essere inferiore a 120 mm.

I collettori dovranno essere realizzati introducendo un tubo in PVC ondulato o gracato, ad elevato allungamento e flessibilità, avente diametro minimo di 75-85 mm, ed in grado di resistere alle pressioni interne ed esterne.

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.

La perforazione della condotta di fondo dovrà essere eseguita in conformità a tutte le prescrizioni in materia di igiene e sicurezza sul lavoro.

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore dovrà trasmettere alla Direzione Lavori 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.

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.

In generale la pendenza media della condotta di fondo non dovrà essere inferiore al 2%.

Tale condotta può essere realizzata anche a gradini.

### **9.7.2 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'Appaltatore trasmettere alla Direzione Lavori le modalità di controllo della geometria delle perforazioni.

Detta tubazione deve essere continua ed attraversare il pozzo immersa nel materiale drenante. In questo tratto il tubo dovrà essere forato e rivestito di geotessile per la captazione dell'acqua drenata.

L'intercapedine tra tubazione e perforazione sarà adeguatamente impermeabilizzata utilizzando una miscela cementizia plastica.

### **9.7.3 Allestimento definitivo dei pozzi**

Sono possibili i seguenti allestimenti:

- ✓ pozzi drenanti a tutta sezione;
- ✓ pozzi drenanti ispezionabili;
- ✓ pozzi drenanti con rivestimento strutturale.

#### ***Pozzi drenanti a tutta sezione***

Impermeabilizzato il fondo del pozzo sino a 20 cm sopra la quota prevista per la condotta di fondo, si eseguirà il riempimento con materiale arido pulito provvedendo contemporaneamente all'estrazione del rivestimento provvisorio. Si utilizzerà di norma un fuso granulometrico compreso fra 2÷25 mm circa, con passante al vaglio 200 ASTM non superiore al 5%; il materiale dovrà essere lavato ed esente da materiali organici coesivi.

Per favorire il corretto assestamento della ghiaia potrà essere opportuno facilitarne la discesa mediante il deflusso di una piccola portata di acqua.

Completato il riempimento, si provvederà alla realizzazione di un tappo superiore di impermeabilizzazione, separato dal materiale drenante per mezzo di una membrana geotessile o in PVC.

### ***Pozzi ispezionabili***

Si tratta di pozzi aventi rivestimento definitivo  $\phi$  1.5 m, in modo da realizzare una intercapedine di spess. 15 cm.

In presenza di tubo forma, questo sar  estratto contemporaneamente alla immissione del materiale drenante, curando che rimanga sempre immerso nello stesso per impedirne la contaminazione; si dovr , anche in questo caso, procedere alla impermeabilizzazione del fondo del pozzo sino a 20 cm sopra la quota prevista per la condotta di fondo. La presenza del rivestimento definitivo consente in ogni momento di accedere alla tubazione di collegamento per verificare il normale funzionamento ed eseguire, se necessario, eventuali manutenzioni.

Il mantello drenante di questi pozzi sar  ottenuto tramite il riempimento di questa corona anulare esterna con il materiale granulare arido 2÷25 mm.

Eseguita l'impermeabilizzazione del fondo (esterno ed interno) si proceder  al versamento del materiale drenante mediante opportuni convogliatori.

Eseguito anche il tappo superiore, si provveder  ad installare all'interno del rivestimento definitivo una scala metallica munita di gabbia di protezione.

Infine, verr  posto in opera il chiusino di testa, in cemento armato prefabbricato, munito di botola in ghisa.

### ***Pozzi drenanti con rivestimento strutturale***

Si tratta di pozzi aventi diametro minimo  $\phi$  2 m, il cui mantello drenante, di spessore medio  $s = 10$  cm,   coassiale ed esterno ad un rivestimento in conglomerato cementizio armato di 30 cm di spessore.

Si dovr , anche in questo caso, procedere alla impermeabilizzazione del fondo del pozzo sino a 20 cm sopra la quota prevista per la condotta di fondo. Esecutivamente il pozzo sar  realizzato inserendo entro la perforazione  $\phi$  2 m due rivestimenti ondulati  $\phi$  1.2 e  $\phi$  1.8 m, coassiali, al cui interno verr  quindi posizionata l'armatura. I due rivestimenti, il cui spessore ( $\geq 2.7$  mm)   comunque da dimensionare in base alla profondit  del getto di cls, fungono da cassero "a perdere". Se realizzati in acciaio zincato essi possono essere considerati, sotto certe condizioni, collaboranti permanentemente.

Posizionati i lamierini e l'armatura si eseguir  il riempimento dell'intercapedine esterna con materiale drenante e quindi il getto di cls, previo adeguato puntellamento interno. Le acque di drenaggio vengono raccolte all'interno del pozzo tramite 2÷3 perforazioni radiali del rivestimento in c.a.

L'allestimento del pozzo sar  infine completato in maniera analoga a quanto previsto per i pozzi ispezionabili (scala, chiusino, botola, etc.).

Ove previsto dal progetto si installeranno dall'interno dei pozzi delle raggieri di tubi microfessurati in PVC. L'importanza di questi micro-dreni   dovuta alla possibilit  che offrono di incrementare la captazione delle acque in terreni poco permeabili, o al contatto tra coltre e substrato.

L'allontanamento definitivo delle acque sar  ottenuto mediante il loro recapito dai pozzi terminali ad un sistema di canalette superficiali, da disporre lungo opportune direttrici.

## 9.8 TRATTAMENTI COLONNARI

### 9.8.1 Soggezioni geotecniche ed ambientali

Di norma le perforazioni saranno 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
- ✓ fanghi cementizi
- ✓ aria, nel caso di perforazione a rotopercolazione con martello a fondo foro, o in altri casi proposti dall'Appaltatore.

Le pressioni di 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.

I trattamenti dovranno essere eseguiti secondo modalità di dettaglio approvate dalla DL, e potranno essere realizzati in verticale o comunque inclinati in relazione alle indicazioni di progetto.

### 9.8.2 Prove tecnologiche preliminari

La tipologia delle attrezzature prescelte ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere comunicati dall'Appaltatore alla Direzione Lavori per opportuna informazione. L'Appaltatore ha l'obbligo di eseguire delle prove tecnologiche preliminari per verificare l'idoneità di tali attrezzature e delle modalità di esecuzione.

L'Appaltatore eseguirà una serie di prove preliminari per la messa a punto dei sistemi in funzione delle condizioni locali del sito e dello scopo del progetto.

Definite le modalità esecutive più idonee, si procederà all'esecuzione di un campo prova che sarà costituito da almeno (salvo particolari richieste che la Direzione Lavori si riserva di volta in volta di fare) 4 colonne rappresentative dell'intervento che si dovrà realizzare.

Sulle colonne del campo prova si dovranno effettuare i tests di seguito indicati, che potranno essere richiesti in tutto o in parte o eventualmente integrati, come verrà di volta in volta indicato in funzione della specificità del progetto.

#### ***Determinazione del diametro medio delle colonne***

Il diametro sarà misurato mediante la messa a giorno di almeno 3 m delle colonne (trascurando i primi 50÷60 cm dal p.c.). Qualora gli eventuali strati profondi di terreno da trattare presentino caratteristiche sostanzialmente diverse dai terreni superficiali, le colonne di prova andranno spinte a tali profondità; in questo caso il controllo sarà effettuato solo mediante carotaggi.

#### Carotaggi e prove in sito

Di norma si eseguiranno le seguenti prove:



- esecuzione di un carotaggio continuo su tutte le colonne per tutta la loro lunghezza, posizionato al centro; il carotaggio dovrà mostrare una percentuale di recupero superiore od uguale al 70%;
- esecuzione di un carotaggio continuo per tutta la lunghezza, posizionato all'intersezione di eventuali due colonne compenetranti;
- esecuzione di carotaggi continui lungo il presunto bordo esterno teorico ipotizzabile, in numero sufficiente per l'individuazione del diametro, nel caso di colonne profonde per le quali non è possibile procedere con esami visivi diretti;
- misura della velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali, lungo i fori eseguiti in asse, con il metodo del carotaggio sonico. Le colonne dovranno aver raggiunto almeno 30 gg. di maturazione (preferibilmente 30 gg. nel caso di trattamento di terreni incoerenti e 40 gg. nel caso di terreni coesivi); le misure verranno eseguite attraverso dei tubi in acciaio del diametro interno maggiore o uguale a 35 mm inseriti all'interno delle perforazioni di carotaggio ed adeguatamente cementati;
- per trattamenti intensivi, come ad esempio per la realizzazione di tamponi di fondo, potrà venire richiesta la realizzazione di prove cross-hole attraverso almeno tre tubi in acciaio posti ad un interasse di circa 100 cm (e che comunque verrà definito di volta in volta). Le misure microsismiche dovranno venire effettuate, per tutte le coppie possibili di tubi, sia sul terreno vergine prima dell'intervento, che sul trattamento dopo almeno 30 gg. dalla sua realizzazione;
- per trattamenti intensivi potranno venire richieste prove di permeabilità del tipo Lugeon;

I carotaggi dovranno essere eseguiti con corone a diamante e doppio carotiere con almeno 100 mm di diametro nominale.

Sui campioni prelevati si eseguiranno le seguenti operazioni:

- ✓ catalogazione, descrizione e documentazione fotografica
- ✓ osservazioni relative al grado di continuità con l'indicazione delle percentuali di recupero e la lunghezza di ciascun pezzo di carota (in cm)
- ✓ trasporto, nel laboratorio concordato con la Direzione Lavori, dei campioni preventivamente inseriti in fustelle di PVC chiuse con paraffina ed opportunamente imballati.

### **9.8.3 Caratteristiche minime dei trattamenti**

In ogni caso, a meno di particolari esigenze progettuali di volta in volta indicate, le caratteristiche delle colonne che si dovranno realizzare saranno conformi a quanto specificato nella tabella seguente, dove con:

- ✓  $q_u$ : si intende la resistenza media ad espansione laterale libera su campioni prelevati dai carotaggi di controllo;
- ✓  $D_m$ : è il diametro medio, in uno stesso tipo di terreno, misurato su colonne scoperte.

Il modulo di elasticità tangenziale  $E$  dovrà assumere valori pari o superiori a  $E \geq 100 q_u$ . Per ottenere i suddetti valori, si dovranno rispettare le seguenti quantità minime di cemento da iniettare, in funzione del sistema prescelto (la quantità di cemento viene indicata come peso secco per metro cubo di terreno trattato):

- |                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| ✓ sistema monofluido   | 350-400 kg/m <sup>3</sup> |
| ✓ sistema a due fluidi | 400-450 kg/m <sup>3</sup> |
| ✓ sistema a tre fluidi | 600-700 kg/m <sup>3</sup> |

**Tab. 9.3 – Caratteristiche e limiti di accettabilità delle colonne jet-grouting**

SISTEMA	TIPO TERRENO	DIAMETRO MEDIO (m) Dm	RESISTENZA (MPa) q <sub>u</sub>
Monofluido	Incoerenti sciolti	0.60÷0.80	>5÷6
	Incoerenti da mediamente addensati ad addensati	0.4÷0.6	
	Coesivi soffici o mediamente compatti	0.4÷0.6	≥1.5÷2.0
	Coesivi molto compatti	0.3÷0.5	
A due fluidi	Incoerenti sciolti	1.0÷1.5	≥5÷6.0
	Incoerenti da mediamente addensati ad addensati	0.6÷0.9	
	Coesivi soffici o mediamente compatti	0.7÷1.0	≥1.5÷2.0
	Coesivi molto compatti	0.5÷0.8	
A tre fluidi	Incoerenti sciolti	1.6÷2.0	≥5÷6.0
	Incoerenti da mediamente addensati ad addensati	1.0÷1.5	
	Coesivi soffici o mediamente compatti	1.2÷1.6	≥1.5÷2.0
	Coesivi molto compatti	0.6÷1.00	

#### 9.8.4 Tolleranze

Le colonne dovranno essere realizzate nella posizione e con le dimensioni nominali di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto:

- ✓ coordinate planimetriche del centro della colonna: ± 5 cm
- ✓ scostamento dell'asse teorico: ± 2%
- ✓ lunghezza: ± 15 cm
- ✓ diametro medio reso: non < a quello nominale di progetto
- ✓ quota testa colonna: ± 5 cm

#### 9.8.5 Miscele cementizie di iniezione

##### **Caratteristiche dei componenti**

Dovrà essere impiegata una miscela binaria cemento/acqua il cui rapporto è variabile, in funzione del sistema operativo, del tipo di terreno e dei parametri richiesti.

È ammesso l'uso di additivi, aventi le funzioni di seguito indicate:

- ✓ stabilizzanti (la resa volumetrica deve risultare  $\geq 97\%$ ) o fluidificanti
- ✓ acceleranti o ritardanti di presa
- ✓ impermeabilizzanti
- ✓ di protezione delle miscele dal dilavamento nel caso di falda in movimento con forte velocità
- ✓ di protezione da eventuali agenti organici presenti nel terreno.

Naturalmente l'adozione di tali additivi svolge un ruolo importante sulle caratteristiche meccaniche delle miscele e della colonna di terreno stabilizzato, che andranno di volta in volta verificate ed accettate in funzione degli scopi del trattamento stesso.

Le schede tecniche dei prodotti commerciali che l'Appaltatore si propone di usare dovranno essere preventivamente consegnate alla D.L. per opportuna informazione.

Di norma le miscele cementizie di iniezione per i trattamenti jet-grouting saranno preparate adottando un dosaggio in peso dei componenti tale da soddisfare un rapporto acqua/cemento:

$$1 \leq a/c \leq 2$$

#### **9.8.6 Armatura dei trattamenti colonnari**

Quando previsto in progetto, le colonne dovranno essere armate con elementi in acciaio (tubi di acciaio tipo Fe 430-510 senza saldatura longitudinale del tipo per costruzione meccanica con manicotti di giunzione filettati o saldati, che essere in grado di resistere ad una sollecitazione a trazione pari almeno al 70% del medesimo carico ammissibile a compressione, da introdurre a spinta con idonea attrezzatura nel corpo delle colonne in corrispondenza del perforo appena ultimata l'iniezione e prima che la miscela inizi la presa.

Nel caso sia previsto l'inserimento dell'armatura in acciaio ad avvenuta presa della miscela, si dovrà procedere alla esecuzione di un foro di diametro adeguato nel corpo delle colonne, all'introduzione dell'armatura (tubi o barre in acciaio) ed al suo inghisaggio mediante iniezione a pressione di malta di cemento; la malta verrà iniettata attraverso lo stesso tubo in acciaio quando l'armatura è tubolare e attraverso un tubo in PVC quando l'armatura è in barre.

### **9.9 INIEZIONI**

#### **9.9.1 Soggezioni geotecniche ed ambientali**

Poiché la corretta scelta delle metodologie e dei prodotti di iniezione è basilare per la corretta realizzazione dei trattamenti, l'Appaltatore dovrà valutare attentamente gli elementi di conoscenza delle caratteristiche dei terreni (stratigrafia, granulometria, etc.), o i caratteri strutturali e morfologici degli ammassi rocciosi (grado di fratturazione, permeabilità Lugeon, etc.). Dovrà inoltre valutare attentamente l'influenza della falda (pressione, velocità di filtrazione, etc.). Ove ne ricorra l'opportunità la Direzione Lavori

richiederà l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari, secondo quanto precisato al punto successivo.

### 9.9.2 Salvaguardia ambientale

Gli interventi con finalità impermeabilizzanti non dovranno modificare le condizioni idrologiche del sottosuolo all'esterno delle aree immediatamente adiacenti ai trattamenti. È consentito esclusivamente l'impiego di prodotti stabili nel tempo, e che non cedano al terreno ed alle falde circostanti liquidi residuali inquinanti. Di norma, quindi, è fatto divieto all'uso di soluzioni colloidali e di reagenti organici, o di altre soluzioni in contrasto con le vigenti norme in materia di tutela ambientale.

#### ***Controllo degli stati tenso-deformativi***

I procedimenti di iniezione dovranno essere definiti ed applicati in modo da evitare che abbiano luogo modificazioni indesiderate dello stato di deformazione e dello stato di sollecitazione su opere vicine.

#### 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	± 5 cm
✓ Scostamento dell'asse teorico	± 2%
✓ Lunghezza	± 15 cm

### 9.9.3 Materiali

#### ***Miscele cementizie normali***

Di norma le miscele cementizie di iniezione per i trattamenti di impregnazione saranno preparate adottando un dosaggio in peso dei componenti tale da soddisfare un rapporto cemento/acqua

$$0.2 \leq c/a \leq 0.6$$

con impiego di additivi stabilizzanti e disperdenti; per ottenere la stabilizzazione potrà essere utilizzato un agente colloidale, ad esempio bentonite, con rapporto

$$0.01 \leq b/a \leq 0.04$$

Per i trattamenti di intasamento di rocce fessurate il dosaggio  $c/a$  può variare nell'intervallo:

$$0.4 \leq c/a \leq 1.4$$

Il cemento impiegato dovrà essere scelto in relazione alle esigenze di penetrabilità ed alle caratteristiche ambientali, considerando, in particolare, l'aggressività dell'ambiente esterno.

È ammesso l'uso di additivi stabilizzanti, disperdenti e/o fluidificanti.

Le schede tecniche dovranno essere preventivamente approvate dalla DL.

Le miscele cementizie dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- |   |               |
|---|---------------|
| ✓ Viscosità Marsh                                 | 35-45 secondi |
| ✓ Viscosità apparente                             | 10-20 cP      |
| ✓ Rendimento volumetrico<br>(per miscele stabili) | ≥ 95%         |

### ***Miscela con cementi microfini***

#### Caratteristiche dei cementi e dosaggi

Le miscele con cementi microfini saranno ottenute a seguito di processi di produzione tali da aumentare la finezza del cemento fino a valori dell'ordine di  $8500 \div 12000 \text{ cm}^2/\text{g}$  (Blaine). I processi di macinazione e separazione dovranno quindi consentire di ottenere un fuso granulometrico delle particelle solide presenti nella sospensione caratterizzata dai seguenti valori:

- |   |
|---|
| ✓ $D_{98} = 10 \div 20 \text{ }\mu\text{m}$ |
| ✓ $D_{50} = 3 \div 5 \text{ }\mu\text{m}$   |

La granulometria sarà determinata con porosimetri a mercurio o apparecchiature di equivalente precisione. Il dosaggio, in relazione agli impieghi, potrà variare nell'intervallo:  $0.5 \leq c/a \leq 0.6$

È ammesso l'impiego di eventuali additivi disperdenti e fluidificanti inorganici.

Le miscele con cementi microfini dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- |                          |               |
|--------------------------|---------------|
| ✓ Viscosità Marsh        | 27-30 secondi |
| ✓ Rendimento volumetrico | ≥ 95%         |

### **9.9.4 Modalità esecutive**

Le iniezioni saranno effettuate impiegando tubi valvolati introdotti in appositi perfori all'interno del terreno da consolidare.

I perfori, eseguiti sul contorno della sezione di scavo della galleria, in avanzamento rispetto al fronte di scavo, potranno essere orizzontali, sub-orizzontali o comunque inclinati, di diametro 100-120 mm, ed eventualmente rivestiti. Preliminarmente verranno eseguite iniezioni di guaina tra le pareti del perforo ed il tubo e successivamente quelle di consolidamento, iniettando in pressione attraverso le valvole; tali iniezioni verranno eseguite in più fasi con miscele cementizie additivate eseguite a bassa pressione tra tubo e perforo e ripetute ad alta pressione, attraverso le valvole per il preconsolidamento. Il tubo impiegato sarà in vetroresina del tipo ad aderenza migliorata del diametro 60 mm e spessore 10 mm; le giunzioni dei tubi saranno eseguite con i necessari manicotti e collanti che dovranno garantire, anche in corrispondenza del giunto, la medesima resistenza a trazione e taglio dei tratti di tubo giuntati. Il tubo sarà corredato del tappo di fondo, del tubo di sfogo dell'aria e delle valvole per l'iniezione, costituite da manicotti in gomma di spessore 3,5 mm.

Il terreno consolidato dovrà presentare le caratteristiche meccaniche esposte nella tabella che segue, uniformemente distribuite nell'ambito dei volumi minimi considerati:

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL TERRENO CONSOLIDATO	INTERVALLO DELLA PROVA	
	DOPO 48 h DALLA INIEZIONE	DOPO 7 h DALLA INIEZIONE
resistenza a compressione semplice	≥ 1 MPa	≥ 1,5 MPa
R.D.Q. (indice di recupero modificato) espresso come percentuale di recupero del carotaggio tenendo conto degli spezzoni di carota di lunghezza ≥ 100 mm	≥ 50%	≥ 70%

L'Appaltatore, a sua totale cura e sotto il controllo della Direzione Lavori, provvederà alla messa a punto della tecnologia d'intervento procedendo preliminarmente, mediante prove e sondaggi, alla determinazione delle caratteristiche geomeccaniche, livello di falda e permeabilità del terreno da consolidare; in base ai risultati ottenuti definirà:

- ✓ la quantità e distribuzione dei tubi di iniezione;
- ✓ il passo delle valvole;
- ✓ la composizione delle miscele con specifico riferimento alla viscosità, che dovrà essere bassa per poter eseguire le iniezioni in tempi brevi, il rapporto acqua cemento e l'impiego di additivi adeguati;
- ✓ la finezza del cemento;
- ✓ la pressione di iniezione, che di norma dovrà essere inferiore a quella di cedimento del sistema (clacquage).

L'Appaltatore dovrà inoltre eseguire, sempre a sua cura e sotto il controllo della Direzione Lavori, la verifica degli effetti indotti nel terreno ed infine l'accertamento dell'uniformità e delle caratteristiche meccaniche del terreno consolidato mediante prove in sito ed in laboratorio su campioni prelevati con carotaggi.

L'Appaltatore potrà dare corso ai trattamenti soltanto dopo che la Direzione Lavori avrà espresso il suo benestare in base ai risultati delle prove di cui sopra, con l'avvertenza che in ogni caso tale benestare non ridurrà la responsabilità dell'Appaltatore circa il raggiungimento delle prescrizioni progettuali in termini di spessore e resistenza del terreno consolidato.

### ***Esecuzione dei trattamenti***

Le attrezzature impiegate dovranno essere in grado di eseguire le lavorazioni richieste con la necessaria continuità per assicurare la uniformità dei trattamenti; i tubi di iniezione dovranno essere atti a resistere a pressioni non inferiori a 12 MPa; l'impianto di miscelazione dovrà essere munito di dispositivo di pesatura del cemento e di misura dell'acqua, dosatore di additivi e contacicl di miscelazione progressivo; la centrale di iniezione sarà attrezzata con pompe ad alta pressione munite di manometri posti a bocca' foro, con certificato ufficiale di taratura.

Qualora si dovessero riscontrare variazioni sensibili nelle caratteristiche dei terreni attraversati rispetto a quelle assunte inizialmente per la messa a punto del sistema, l'Appaltatore, a sua cura spese, dovrà verificare puntualmente l'idoneità dei parametri adottati provvedendo eventualmente ad una loro ritaratura in corso d'opera.

L'Appaltatore in ogni caso dovrà procedere a continui sondaggi nei trattamenti effettuati per verificare la rispondenza alle prescrizioni progettuali relativamente a resistenze e spessori.

A carico dell'Appaltatore si considerano tutte le operazioni preliminari di sondaggio, prove, progettazione e campo prove; la documentazione dei lavori; la ubicazione dei punti di trattamento; le operazioni di perforazione ed infissione dei tubi valvolati; l'esecuzione delle iniezioni di guaina e di quelle di consolidamento, compreso la fornitura di tutti i materiali ed in particolare:

- ✓ il cemento da impiegare nelle iniezioni di guaina e di consolidamento in terreni molto aperti, caratterizzati da un coefficiente di permeabilità fino a  $10^{-2}$  m/s, sarà cemento del tipo normale;
- ✓ -per le iniezioni di consolidamento in terreni con coefficiente di permeabilità minori di  $10^{-2}$  m/s, si useranno cementi microfini, acqua, additivi fluidificanti, ecc.
- ✓ Sono, altresì, a carico dell'Appaltatore eventuali superfici di parete consolidata eccedenti le dimensioni teoriche di progetto.

### ***Trattamento di impregnazione***

Si procederà valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione. Ottenuta l'apertura della valvola, si darà luogo all'iniezione in pressione fino ad 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.

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 iniezioni 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'Appaltatore, sulla base anche delle prove preliminari, dovrà studiare la corretta sequenza di esecuzione.

Nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione, o viceversa, la valvola sarà nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore.

Fino a quando le operazioni di iniezioni non saranno concluse, al termine di ogni fase occorrerà procedere al lavaggio interno del tubo d'armatura.

***Trattamenti di intasamento***

Saranno eseguiti in conformità con le modalità e le indicazioni date nel progetto di intervento. Ove previsto le iniezioni potranno essere realizzate anche in fase unica, in risalita o in avanzamento, attraverso le aste di perforazione.

***Trattamenti di ricompressione***

Verificato l'esatto posizionamento delle valvole, si darà luogo alle 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 sarà arrestata al raggiungimento dei previsti volumi di miscela cementizia.



## **10. CARPENTERIA METALLICA**

### **10.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

L'Impresa sarà tenuta all'osservanza:

- ✓ della Legge 5 novembre 1971, n. 1086 “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica” (G.U. n. 321 del 21.12.1971);
- ✓ del Decreto del Presidente della Repubblica n° 380 del 6 giugno 2001, “Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia” (S.O. n. 239 alla G.U. n. 245 del 20.10.2001);
- ✓ del D.M. 14 gennaio 2008 “Norme tecniche per le costruzioni” (S.O. n. 30 alla G.U. n. 29 del 4.02.2008) e norme o documenti esplicitamente richiamati dal Decreto Ministeriale;
- ✓ UNI 7070/82 relativa ai prodotti laminati a caldo di acciaio non legato di base e di qualità;
- ✓ UNI 10011/88 relativa alle costruzioni in acciaio, recante istruzioni per il calcolo, l'esecuzione e la manutenzione;
- ✓ CNR 10016-85 “Travi composte in acciaio e calcestruzzo – Istruzioni per l'impiego nelle costruzioni”.

### **10.2 DOCUMENTAZIONE**

I materiali impiegati nella costruzione di strutture in acciaio dovranno essere “qualificati” ai sensi del DM09/01/1996; la marcatura dovrà risultare leggibile ed il produttore dovrà accompagnare la fornitura con l'attestato di controllo e la dichiarazione che il prodotto è qualificato.

Prima dell'approvvigionamento dei materiali da impiegare l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori, in copia riproducibile, gli elaborati costruttivi di officina delle strutture, nei quali, in conformità a quanto riportato negli elaborati forniti dal Progettista, dovranno essere completamente definiti tutti i dettagli di lavorazione, ed in particolare:

- ✓ Tipi e qualità degli acciai impiegati;
- ✓ Tipi e qualità dei bulloni impiegati;
- ✓ I diametri e la disposizione dei chiodi e dei bulloni, nonché dei fori relativi;
- ✓ Le coppie di serraggio dei bulloni ad alta resistenza;
- ✓ Le classi di qualità delle saldature;
- ✓ Il progetto, le tecnologie di esecuzione ed i controlli delle saldature;
- ✓ Gli schemi di montaggio e controfrecce di officina;
- ✓ La relazione di calcolo in cui devono essere indicate le modalità di montaggio dell'opera e specificato il funzionamento statico della struttura nelle diverse fasi di montaggio.

Sui disegni costruttivi di officina dovranno essere inoltre riportate le distinte dei materiali nelle quali sarà specificato numero, qualità, tipo di lavorazione, grado di finitura, dimensioni e peso teorico di ciascun elemento costituente la struttura.

Per ciascun manufatto composto con laminati, l'Appaltatore dovrà redigere una distinta contenente i seguenti dati:

- ✓ Posizioni e marche d'officina costituenti il manufatto;
- ✓ Numeri di placca e di colata dei laminati costituenti ciascuna posizione e marca di officina;
- ✓ Estremi di identificazione dei relativi documenti di collaudo.

Gli oneri suddetti sono a carico dell'Appaltatore.

Per quanto concerne il progetto, le tecnologie di esecuzione ed i controlli delle saldature, è fatto obbligo all'Appaltatore di avvalersi, a sua cura e spese, della consulenza dell'Istituto Italiano della Saldatura o del

R.I.N.A. (Registra Italiano Navale) con sede a Genova che dovrà redigere apposita relazione da allegare al progetto di officina.

È facoltà della Direzione Lavori di sottoporre il progetto, le tecnologie di esecuzione ed i controlli delle saldature alla consulenza di altro Ente di sua fiducia.

La Direzione Lavori stabilirà il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire sulle saldature, sia in corso d'opera che ad opera finita, in conformità a quanto stabilito dal D.M.09/01/1996 e tenendo conto delle raccomandazioni fornite dall'Ente di consulenza o dalle prescrizioni indicate nelle presenti Norme Tecniche.

Consulenza e controlli saranno eseguiti dagli Istituti indicati dalla Direzione Lavori; i relativi oneri saranno a carico dell'Appaltatore.

L'Appaltatore dovrà, inoltre, far conoscere per iscritto, prima dell'approvvigionamento dei materiali da impiegare, la loro provenienza con riferimento alle distinte di cui sopra.

L'Appaltatore è tenuto ad accompagnare ogni fornitura con:

- ✓ Copia dei certificati di collaudo degli acciai secondo EN 10204;
- ✓ Dichiarazione che il prodotto è qualificato ai sensi del D.M. 09/01/1996, e di aver soddisfatto le relative prescrizioni, riportando gli estremi del marchio e indicando gli estremi dell'ultimo certificato del Laboratorio Ufficiale.

L'esame e la verifica, da parte della Direzione dei Lavori, dei progetti delle opere e dei certificati degli studi preliminari, non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

Quindi resta stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione dei Lavori, l'Appaltatore rimane l'unico e diretto responsabile delle opere a termine di legge, pertanto sarà tenuto a rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

### **10.3 MATERIALI IMPIEGATI**

Verranno impiegati acciai di tipo autoprotettivo aventi resistenza migliorata alla corrosione atmosferica con caratteristiche meccaniche equivalenti a Fe510D per tutti gli

elementi da saldare (lamiere per piattabande, anime, piastre, irrigidimenti, ecc.) e caratteristiche chimiche in accordo a quanto previsto dalla Norma UNIEN10155.

Per i profili commerciali si userà acciaio tipo Fe510C.

Per i pioli Nelson si userà acciaio tipo ST37-3K secondo DIN 17100.

La bulloneria (per le caratteristiche chimiche e meccaniche si rimanda alla UNI 3740) sarà così associata:

- ✓ Viti classe 8.8 secondo UNI5712;
- ✓ Dadi 6s secondo UNI5713;
- ✓ Rondelle in acciaio C50 secondo UNI5714;
- ✓ Piastrine in acciaio C50 secondo UNI5716 – UNI5715.

I materiali impiegati nella costruzione di strutture in acciaio dovranno essere “qualificati” ai sensi del DM09/01/1996; la marcatura dovrà risultare leggibile ed il produttore dovrà accompagnare la fornitura con l'attestato di controllo e la dichiarazione che il prodotto è qualificato.

#### **10.3.1 Identificazione e rintracciabilità dei materiali**

All'atto del taglio delle lamiere sarà garantita la rintracciabilità delle stesse almeno per quanto riguarda anima e piattabanda delle travi e in genere per tutti i componenti principali.

Tale rintracciabilità sarà ottenuta o con punzonatura delle lamiere o con opportuna documentazione (Piani di taglio).

#### **10.4 MODALITÀ ESECUTIVE**

Per le modalità esecutive si farà riferimento al capitolo “Regole pratiche di progettazione ed esecuzione” della CNR10011, ovvero, laddove più restrittivo, a quanto indicato nei paragrafi successivi.

##### **10.4.1 Soggezioni ambientali**

Per le saldature le prescrizioni che verranno stabilite per il preriscaldamento locale saranno in relazione agli spessori, ai tipi di acciaio ed alla temperatura ambiente durante la costruzione.

La verniciatura in opera, ove prevista, deve essere fatta in stagione favorevole, evitando il tempo umido e temperature eccessivamente elevate.

##### **10.4.2 Tolleranze geometriche**

In generale le tolleranze di costruzione devono essere compatibili con quelle relative all'opera finita, tenuto conto delle modalità di montaggio e delle tolleranze riconosciute come accettabili da normative nazionali e/o europee in atto od in emissione alla data di realizzazione dell'opera.

### **10.4.3 Taglio e cianfrinatura delle lamiere**

La preparazione dei lembi da saldare deve essere effettuata mediante macchina utensile, smerigliatrice ad ossitaglio automatico, e dovrà risultare regolare e ben liscia. L'ossitaglio a mano può essere accettato solo se una adeguata successiva ripassatura alla smerigliatrice avrà perfettamente regolarizzato l'asperità del taglio.

I lembi, al momento della saldatura, devono essere esenti da incrostazioni, ruggine, scaglie, grassi, vernici, irregolarità locali ed umidità.

La distanza dei lembi dei giunti di testa e dei giunti a T a completa penetrazione deve essere secondo UNI 11001.

Nei giunti a T con cordoni d'angolo i pezzi devono essere a contatto; è tollerato un gioco massimo di 3 mm, per spessori maggiori di 10 mm, da ridurre adeguatamente per spessori minori o per casi particolari.

Il disallineamento dei lembi deve essere non maggiore di 1/8 dello spessore con un massimo di 1.5 mm; nel caso di saldatura manuale ripresa al vertice, si può tollerare un disallineamento di entità doppia.

Prima delle operazioni di saldatura dovrà effettuarsi un esame visivo dei lembi al fine di riscontrare eventuali discontinuità; qualora vengano riscontrate discontinuità si dovrà procedere ad un esame magnetoscopico. Le discontinuità di modeste dimensioni (2-3mm di profondità) saranno asportate tramite molatura, altrimenti riparate con procedimento adeguato. A tal proposito la procedura di riparazione sarà sottoposta alla DL per approvazione.

In particolare, l'Appaltatore dovrà attenersi alle seguenti disposizioni:

- ✓ Il raddrizzamento e lo spianamento, quando necessari, devono essere fatti preferibilmente con dispositivi agenti per pressione;
- ✓ Possono essere usati i riscaldamenti locali (caldo), purché programmati in modo da evitare eccessive concentrazioni di tensioni residue e di deformazioni permanenti;
- ✓ Negli affacciamenti non destinati alla trasmissione di forze possono essere tollerati giochi da 2 a 5 mm di ampiezza, secondo il maggiore o minore spessore del laminato.

### **10.4.4 Saldature**

In generale non potranno essere eseguite saldature qualora la temperatura ambiente sia inferiore a +5 °C, e quando le superfici da unire siano umide; in questo ultimo caso è necessario provvedere all'asciugatura delle superfici mediante fiamma (T=50°C).

#### ***Classi delle saldature***

Vale quanto prescritto nel **DM 17-01-2018**.

#### ***Procedimenti di saldatura***

Le saldature potranno essere realizzate utilizzando i seguenti procedimenti:

- ✓ SAW (saldatura automatica ad arco sommerso). Per i giunti anima-piattabanda a parziale penetrazione non è consentito l'uso di procedimento ad arco sommerso a teste contrapposte.
- ✓ FCAW (saldatura semiautomatica ad arco con filo animato sotto protezione di gas). Con tale procedimento di saldatura dovranno essere impiegati: filo animato basico per le posizioni di saldatura in piano e piano frontale; filo animato rutilico per la posizione di saldatura verticale ascendente.
- ✓ GMAW (saldatura semiautomatica ad arco con filo pieno sotto protezione di gas).
- ✓ SMAW (saldatura manuale ad arco con elettrodo rivestito). Con tale procedimento si dovranno adottare esclusivamente elettrodi a rivestimento basico, omologati secondo la norma UNI 5132. Il diametro massimo utilizzabile sarà 4 mm per la saldatura in verticale ascendente e in sopratesta, 5 mm per la saldatura in piano.

Saldatura dei pioli con procedimento automatico tipo NELSON.

In generale i materiali d'apporto dovranno garantire in zona fusa le stesse caratteristiche di resistenza alla corrosione del materiale base.

### ***Elettrodi***

Devono essere impiegati elettrodi omologati secondo UNI 5132, in accordo con D.M. 09/01/1996.

Gli elettrodi devono essere usati con il tipo di corrente, continua o alternata, e di polarità per cui sono stati omologati. Devono altresì essere adottate tutte le precauzioni prescritte dal produttore degli elettrodi con particolare riguardo alla conservazione all'asciutto e, in genere, alla preessicazione degli elettrodi a rivestimento basico.

Il diametro dell'anima degli elettrodi rivestiti, per saldatura manuale, usati nella saldatura di un giunto, deve essere fissato in relazione allo spessore, al tipo di giunto ed alla posizione della passata nel giunto; in generale deve essere non maggiore di 6mm per saldatura in piano e di 5mm per saldatura in verticale.

### ***Qualifica del personale e delle procedure***

Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere certificati, da un organismo di terza parte, ai sensi del **DM 17-01-2018**: A tale proposito si potrà fare riferimento alla norma UNI EN 288-3. Tutti i saldatori dovranno essere certificati secondo la norma UNI EN 287-1. Tutti gli operatori delle macchine automatiche dovranno essere certificati secondo la norma UNI EN 1418.

### ***Specifiche di saldatura***

Per quanto concerne il progetto, le tecnologie di esecuzione ed i controlli delle saldature, è fatto obbligo all'Appaltatore di avvalersi, a sua cura e spese, della consulenza dell'Istituto Italiano della Saldatura o del R.I.N.A. (Registra Italiano Navale) con sede a Genova che dovrà redigere apposita relazione da allegare al progetto di officina.

Le specifiche dei giunti di produzione (WPS) saranno redatte sulla base di quanto indicato nella norma UNI EN 288-2.

In generale dovranno essere indicate le seguenti informazioni:

- ✓ Identificazione del costruttore;
- ✓ Identificazione della WPS;
- ✓ Riferimento al verbale di qualificazione dei procedura di saldatura (WPAR) o ad altri documenti richiesti;
- ✓ Tipo di metallo di base;
- ✓ Dimensione del materiale: campi di spessori del giunto;
- ✓ Procedimento di saldatura;
- ✓ Geometria del giunto: schizzo del giunto mostrante forma e dimensioni, e sequenza passate;
- ✓ Posizione di saldatura;
- ✓ Preparazione del cianfrino;
- ✓ Tecnica di saldatura: angolazione della torcia, oscillazione, ecc.;
- ✓ Eventuale solcatura a rovescio;
- ✓ Eventuale sostegno a rovescio;
- ✓ Materiali d'apporto: designazione, dimensioni, trattamenti di condizionamento;
- ✓ Parametri elettrici: tipo di corrente, campo di corrente, campo di tensione, ecc.;
- ✓ Eventuali parametri di macchina: velocità di avanzamento e di alimentazione filo;
- ✓ Temperatura di preriscaldamento;
- ✓ Temperatura di interpass;
- ✓ Eventuale trattamento termico dopo saldatura;
- ✓ Indicazioni specifiche per i vari gruppi di procedimento di saldatura.

In particolare, per quanto riguarda la temperatura di preriscaldamento, si dovrà fare riferimento a quanto stabilito dalla norma EN 1011-2, individuando il corretto valore di tale temperatura, noti lo spessore combinato del giunto, l'apporto termico specifico di saldatura, il valore del Carbonio Equivalente CE, funzione della composizione chimica del materiale base e ottenibile attraverso la formula:

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

### **Modalità esecutive**

Le operazioni di puntatura saranno effettuate da personale opportunamente qualificato, adottando gli stessi materiali d'apporto nonché tutti gli accorgimenti prescritti per le operazioni di saldatura, compreso il rispetto della temperatura di preriscaldamento. I punti depositati da personale non qualificato dovranno esser rimossi prima dell'esecuzione della saldatura.

La lunghezza dei tratti di puntatura dovrà essere di almeno 50 mm. Le estremità di tali tratti dovranno essere accuratamente molate e controllate per evitare la presenza di difetti.

Le saldature dovranno essere eseguite con tecnica ad una o più passate, in accordo con le WPS approvate.

Per quanto possibile i componenti dovranno essere saldati a ritiro libero, in modo da ridurre il grado di vincolo durante la saldatura.

Dove possibile le saldature dovranno essere eseguite in piano. Non è consentita la posizione verticale discendente.

In generale i giunti testa a testa dovranno essere saldati senza interruzione fino al completamento di almeno metà dello spessore.

Tutte le tracce di scoria e di flusso residuo di ogni passata dovranno essere rimosse prima della passata successiva.

Fatta eccezione per la posizione verticale ascendente, dovrà essere adottata la tecnica di saldatura a passata stretta.

L'innesco d'arco dovrà avvenire all'interno del giunto, interessando solo le superfici dei lembi.

Nei giunti testa a testa si predisporranno sempre talloni di estremità da rimuovere a fine saldatura.

Le temperature di preriscaldamento e di interpass, in accordo con le WPS approvate, saranno controllate in fase di saldatura con gessetti termometrici o altri mezzi idonei.

#### Sequenze di saldatura

I giunti testa a testa trasversali di giunzione delle travi e del fondo dovranno essere effettuati con sequenza opportuna.

A tal fine dovrà essere prevista, in fase di prefabbricazione, una scucitura tra anima e piattabanda e anima e fondo cassone di almeno 250 mm da ogni lato del giunto, per consentire il corretto allineamento delle lamiere delle piattabande, del fondo e delle anime delle travi.

In cantiere si procederà saldando piattabande e fondo, anime, e infine il tratto di 500 mm anima piattabanda a cavallo del giunto trasversale.

#### Riparazione dei giunti saldati

L'eliminazione dei difetti dovrà essere realizzata tramite molatura o scricatura con arc-air seguita da molatura.

Nel caso di impiego di arc-air, si dovrà provvedere ad applicare un preriscaldamento con temperatura di 25°C maggiore di quella adottata per le saldature.

Dopo la scricatura si dovrà verificare con esame visivo e magnetoscopico la completa rimozione del difetto; lo scavo dovrà presentarsi ben raccordato al materiale base circostante.

Le riparazioni saranno effettuate con procedimento a elettrodo rivestito SMAW, da saldatori certificati.

Le riparazioni effettuate dovranno essere ricontrollate al 100% con controllo visivo, e con il controllo non distruttivo più adeguato.

#### Finitura delle superfici.

In fase di finitura dovranno essere eliminati, tramite molatura, tutti gli spruzzi, le puntature, e tutti gli elementi utilizzati come collegamenti provvisori durante la fabbricazione.

Una volta rimosse le puntature e gli elementi provvisori, si dovrà procedere ad un esame visivo della superficie lavorata e, se necessario, anche ad esame magnetoscopico.

Eventuali colpi d'arco dovranno essere molati.

#### **10.4.5 Unioni bullonate**

I fori per chiodi e bulloni devono essere eseguiti col trapano con assoluto divieto dell'uso della fiamma e presentare superficie interna cilindrica liscia e priva di screpolature e cricche; per le giunzioni con bulloni (normali e ad alta resistenza), le eventuali sbavature sul perimetro del foro dovranno essere asportate mediante molatura locale.

I bulloni ad alta resistenza non dovranno avere il gambo filettato per la intera lunghezza; la lunghezza del tratto non filettato dovrà essere in generale maggiore di quella delle parti da serrare e si dovrà sempre far uso di rosette sotto la testa e sotto il dado; è tollerato che non più di mezza spira del filetto rimanga compresa nel foro.

Nelle unioni di strutture normali o ad attrito che potranno essere soggette a vibrazioni od inversioni di sforzo, dovranno essere sempre impiegati controdadi.

Non sono ammesse al montaggio in opera eccentricità, relative a fori corrispondenti, maggiori del gioco foro-chiodo (o bullone) previste dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 5/11/1971 n°1086 (D.M. in vigore); entro tale limite è opportuna la regolarizzazione del foro con utensile adatto.

Nei collegamenti con bulloni si dovrà procedere alla alesatura di quei fori che non risultino centrati e nei quali bulloni previsti in progetto non entrino liberamente.

Se il diametro del foro alesato risulta superiore al diametro nominale del bullone, oltre la tolleranza prevista dal D.M. 9 gennaio 1996 sopracitato, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con un diametro superiore.

Nei collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza è prescritta l'esecuzione della sabbiatura a metallo bianco non più di due ore prima dell'unione.

È ammesso il serraggio dei bulloni con chiave pneumatica purché questa venga controllato con chiave dinamometrica, la cui taratura dovrà risultare da certificato rilasciato da Laboratorio ufficiale in data non anteriore ad un mese.

Per il serraggio dei bulloni si dovranno usare chiavi equipaggiate con un meccanismo limitatore della coppia applicata.

Tali meccanismi dovranno garantire una precisione non minore del  $\pm 5\%$ .

Il serraggio dei bulloni dovrà essere eseguito rispettando i valori della coppia di serraggio indicati nel prospetto 4-IV della norma CNR 10011/05.

I bulloni dovranno essere montati in opera con una rosetta posta sotto la testa della vite (smusso verso testa) e una rosetta posta sotto il dado (smusso verso il dado).



I giunti da serrare dovranno essere montati nella posizione definitiva mediante un numero opportuno di "spine" in grado di irrigidire convenientemente il giunto e consentire la perfetta corrispondenza dei fori. L'uso delle spine d'acciaio è ammesso, in corso di montaggio, esclusivamente per richiamare i pezzi nella giusta posizione.

Si procederà quindi a serrare i bulloni di un estremo dell'elemento da collegare, con una coppia pari a circa il 60% di quella prescritta, il serraggio dovrà iniziare dal centro del giunto procedendo gradualmente verso l'esterno.

Si provvederà quindi al serraggio dell'altra estremità dell'elemento con modalità analoghe a quelle su esposte. Si provvederà infine al serraggio di tutti i bulloni con una coppia pari al 100% di quella prevista.

Per ogni unione con bulloni, l'Appaltatore effettuerà, alla presenza della Direzione dei Lavori, un controllo di serraggio su un numero di bulloni pari al 10% del totale ed in ogni caso su non meno di quattro.

Dopo il completamento della struttura e prima dell'esecuzione della prova di carico, l'Appaltatore dovrà effettuare la ripresa della coppia di serraggio di tutti i bulloni costituenti le unioni, dandone preventiva comunicazione alla Direzione dei Lavori.

#### **10.4.6 Connettori e parti annegate nei getti**

Ove indicato in progetto, si provvederà ad equipaggiare le membrature in acciaio con appositi connettori per la trasmissione degli sforzi dalle strutture in calcestruzzo a quelle in acciaio.

Il dimensionamento e le modalità di montaggio dei connettori sulle strutture in acciaio dovranno essere eseguiti in accordo alle specifiche indicate nelle istruzioni del CNR 10016 – 85 e successive modifiche ed integrazioni.

Le parti destinate ad essere integralmente incorporate nei getti di conglomerato cementizio devono essere soltanto accuratamente sgrassate e sabbiate.

#### **10.4.7 Durabilità**

Tutte le strutture in acciaio dovranno essere protette contro la corrosione in accordo alle prescrizioni e specifiche di cui all'articolo "Verniciature" delle presenti Norme Tecniche.

Al fine di evitare ristagni di acqua all'interno dei cassoni in carpenteria metallica si dovranno eseguire dei fori per lo scarico delle acque di infiltrazione, evitando la formazione di punti di ristagno.

Le modalità di controllo (delle vernici e della loro applicazione) saranno le medesime di quelle riportate nell'articolo precedentemente richiamato.

Il colore di finitura sarà definito dai documenti di progetto, in mancanza di indicazioni specifiche l'Appaltatore dovrà chiedere istruzioni alla Direzione Lavori.

## 10.5 COLLAUDO TECNOLOGICO DEI MATERIALI

Tutti i materiali destinati alla costruzione di strutture in acciaio dovranno essere collaudati a cura e spese dell'Appaltatore e sotto il controllo della Direzione Lavori, prima dell'inizio delle lavorazioni.

Ogni volta che le partite di materiale metallico destinato alla costruzione delle travi e degli apparecchi di appoggio perverranno agli stabilimenti per la successiva lavorazione, l'Appaltatore darà comunicazione alla Direzione dei Lavori specificando, per ciascuna colata, la distinta dei pezzi ed il relativo peso, la ferriera di provenienza, la destinazione costruttiva, i risultati dei collaudi interni da effettuare ai sensi del **DM 17-01-2018**.

A tale scopo è fatto obbligo all'Appaltatore di concordare in tempo utile con la Direzione Lavori la data di esecuzione di ciascuna operazione di collaudo. Le prove non distruttive saranno eseguite su un campione pari al 5% del lotto sottoposto a collaudo.

Le prove distruttive saranno effettuate su un campione pari al 1 % del lotto. Si precisa che tutti gli acciai dei gradi B, C, D, da impiegare nelle costruzioni dovranno essere sottoposti, in sede di collaudo tecnologico, al controllo della resilienza.

La frequenza delle prove per i materiali in acciaio sarà la seguente:

- ✓ Prodotti qualificati secondo D.M. 09/01/96, prove meccaniche e chimiche su 3 serie ogni 60 t, provenienti da una stessa colata;
- ✓ Prodotti non qualificati: prove ultrasoniche lungo la superficie dei pezzi oltre alle prove meccaniche e chimiche in accordo alle norme, da eseguire in ragione su 3 serie ogni 20 t, provenienti dalla stessa colata.

Per tutti gli altri materiali il numero di prove da seguire è quello fissato dalle norme citate. La certificazione dei controlli sui materiali farà parte della documentazione da consegnare alla DL.

Le prove da eseguire su bulloni e viti saranno eseguite ai sensi della parte 3<sup>a</sup> della UNI 3740.

Le prove sui materiali si svolgeranno presso i Laboratori Ufficiali indicati dalla Direzione Lavori.

La Direzione Lavori potrà, a suo insindacabile giudizio, autorizzare l'effettuazione delle prove presso i

laboratori degli stabilimenti di produzione, purché questi siano forniti dei mezzi e delle attrezzature necessarie, tarate e controllate da un Laboratorio Ufficiale, ai sensi dell'art. 20 della legge 05/11/1971 n. 1086.

L'entità dei lotti da sottoporre a collaudo, il numero e le modalità di prelievo dei campioni, saranno di regola

conformi alle norme UNI vigenti per i singoli materiali. All'atto della ricezione dei materiali in cantiere, si dovrà verificare che siano corredati di tutta la certificazione richiesta dal presente Capitolato e dalla normativa di legge.

I materiali debbono infatti pervenire dal fornitore accompagnati dalla loro certificazione di qualità in accordo alle prescrizioni del D.M. 09/01/96 ed alle norme UNI qui di seguito citate.

Profilati, piatti, larghi piatti e lamiere: per questi materiali, destinati alla costruzione di pezzi saldati Ogni lotto di fornitura deve essere corredato da certificazione della composizione chimica e delle caratteristiche meccaniche richieste nel Capitolato e nelle norme:

- ✓ UNI 7070/82-per le caratteristiche meccaniche e di disossidazione;
- ✓ UNI 7937 per il coefficiente di strizione;
- ✓ UNI 5329 per il controllo ultrasonoro.

Materiali vari per elementi non saldati: lamiere strigliate; grigliati

La certificazione accompagnatoria di ogni lotto deve essere conforme alle Norme UNI 7070/82. Bulloneria

Ogni lotto deve essere accompagnato da certificazione in accordo alle norme:

- ✓ UNI 3740 e UNI 7845, per le prove di controllo dimensionale, durezza (HRC), carico di rottura, snervamento;
- ✓ UNI 3740 per la resilienza, che, calcolata in accordo alla suddetta norma dovrà essere superiore a 30 J a 20°C.

La Direzione dei Lavori si riserva la facoltà di prelevare campioni da sottoporre a prova presso laboratori di sua scelta ogni volta che lo ritenga opportuno per verificarne la rispondenza alle Norme di accettazione ed ai requisiti di progetto.

Tutti gli oneri relativi alle prove e ai collaudi sono a carico dell'Appaltatore.

Per ogni operazione di collaudo sarà redatto, a cura e spese dell'Appaltatore, apposito verbale, che sarà firmato dalla Direzione Lavori e dall'Appaltatore.

Di questo verbale verrà consegnato l'originale alla Direzione Lavori.

Un'altra copia verrà conservata dall'Appaltatore che avrà l'obbligo di esibirla a richiesta della Direzione Lavori, come specificato al successivo paragrafo.

## **10.6 COLLAUDO DIMENSIONALE E DI LAVORAZIONE**

La Direzione dei Lavori si riserva il diritto di chiedere il premontaggio in officina, totale o parziale delle strutture, secondo modalità da concordare di volta in volta con l'Appaltatore.

Per i manufatti per i quali è prevista una fornitura di oltre 10 esemplari da realizzare in serie, deve prevedersi all'atto del collaudo in officina, il premontaggio totale o parziale, da convenirsi secondo i criteri di cui sopra, di un solo prototipo per ogni tipo.

In tale occasione la Direzione dei Lavori procederà alla accettazione provvisoria dei materiali metallici lavorati.

Analogamente a quanto detto al comma precedente, ogni volta che si rendono pronte per il collaudo le travate, l'Appaltatore informerà la Direzione dei Lavori indicando tipo e destinazione di ciascuna di esse.

Entro 8 giorni la Direzione dei Lavori darà risposta fissando la data del collaudo in contraddittorio, oppure autorizzando la spedizione della travata stessa in cantiere.

Nel caso del collaudo in contraddittorio, gli incaricati della Direzione dei Lavori verificheranno sia per ogni una delle parti componenti le opere appaltate, quanto per

l'insieme di esse, la esatta e perfetta lavorazione a regola d'arte ed in osservanza ai patti contrattuali.

I pezzi presentati all'accettazione provvisoria devono essere scevri di qualsiasi verniciatura, fatta eccezione per le superfici di contatto dei pezzi uniti definitivamente fra loro, che debbono essere verniciati in conformità alle prescrizioni della Direzione dei Lavori.

## **10.7 MONTAGGIO**

L'Appaltatore dovrà, sulla base delle indicazioni contenute nel progetto definitivo:

- ✓ redigere un piano dettagliato di lavorazione,
- ✓ definire le modalità di assemblaggio delle travate;
- ✓ definire, per le stesse travate, le modalità di protezione del fondo del cassone.

Il tutto verrà inviato alla D.L. per approvazione, allegando la suddetta documentazione.

Dopo le suddette positive verifiche la D.L. darà il suo benestare all'inizio delle lavorazioni.

Il montaggio in opera di tutte le strutture costituenti ciascun manufatto sarà effettuato in conformità a quanto, a tale riguardo è previsto negli elaborati di progetto.

Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito e il montaggio, si dovrà porre la massima cura per evitare che le strutture vengano deformate o sovrasolicitate.

Le parti a contatto con funi, catene od altri organi di sollevamento saranno opportunamente protette.

Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto.

In particolare, per quanto riguarda le strutture a travata, si dovrà controllare che la controfreccia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio siano conformi alle indicazioni di progetto, rispettando le tolleranze previste.

La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui.

L'assemblaggio ed il montaggio in opera delle strutture dovrà essere effettuato senza che venga interrotto il traffico di cantiere sulla sede stradale salvo brevi interruzioni durante le operazioni di sollevamento, da concordare con la Direzione dei Lavori.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo la zona interessata ed 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, tramvie, ecc.;
- ✓ per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo.

## **10.8 PROVE E CONTROLLI IN CORSO D'OPERA**

Tutte le ispezioni e prove saranno eseguite in presenza della DL a cure ed onere dell'Appaltatore.

### **10.8.1 Controllo delle saldature**

Prima delle operazioni di saldatura dovrà effettuarsi un esame visivo dei lembi al fine di riscontrare eventuali discontinuità; qualora vengano riscontrate discontinuità si dovrà procedere ad un esame magnetoscopico. Le discontinuità di modeste dimensioni (2-3m di profondità) saranno asportate tramite molatura, altrimenti riparate con procedimento adeguato. A tal proposito la procedura di riparazione sarà sottoposta alla DL per approvazione.

Le saldature devono essere controllate a cura dell'Appaltatore con adeguati procedimenti (magnetoscopici, radiografici, ultrasuoni, ecc.) e non devono presentare difetti quale mancanza di penetrazione, depositi di scorie, cricche di lavorazione, mancanza di continuità ecc.

I controlli eseguiti devono essere contromarcati con punzonature sui pezzi, in modo da consentire la loro identificazione successiva in base alla documentazione.

I collegamenti saldati saranno sottoposti ai seguenti controlli non distruttivi, nelle percentuali indicate:

- ✓ *Giunti a T con cordoni d'angolo e a parziale penetrazione:*  
Esame visivo: 100% delle saldature;  
Esame magnetoscopico: 20% delle saldature anima-piattabanda delle travi;  
10% delle saldature rimanenti.
  
- ✓ *Giunti testa a testa a piena penetrazione:*  
Esame visivo: 100% delle saldature;  
Esame magnetoscopico: 20% delle saldature;  
Esame ultrasonoro: 100% dei giunti tesi; 50% dei giunti compressi trasversali;  
25% dei giunti longitudinali di anima e fondo.
  
- ✓ *Pioli NELSON:*  
Esame visivo: 100% delle saldature;  
Prova di piegamento a 30°: 5% delle saldature.

Esame visivo: Sarà applicato, secondo le modalità della UNI EN 970.

Esame magnetoscopico: L'esame magnetoscopico sarà condotto secondo le modalità della EN UNI 1290.

Esame ultrasonoro: L'esame ultrasonoro sarà adottato in tutti i giunti a piena penetrazione, e sarà condotto secondo le modalità di classe 1 della norma UNI EN 1714.

### **10.8.2 Controllo delle unioni bullonate**

Il controllo dei nodi imbullonati avverrà con le seguenti modalità:

- ✓ Si marcherà dado e vite del bullone serrato per identificare la loro posizione rispetto al coprigiunto;
- ✓ Si allenterà il dado con una rotazione di almeno 60°;
- ✓ Si rinserrerà il dado verificando che l'applicazione della coppia prescritta lo riporti nella posizione originaria. Si verificherà con la procedura sopra descritta che la coppia di serraggio di almeno il 10 % dei bulloni del giunto sia corretta (con un minimo di quattro bulloni per unione bullonata), scegliendo i bulloni da verificare in modo da interessare in maniera regolare tutta l'estensione del giunto stesso.

Nel caso in cui anche un solo bullone del giunto fosse mal serrato, si dovrà procedere a ricontrollare tutti i bulloni.

Prima delle prove di carico si dovrà procedere, dopo preventiva comunicazione alla D.L., alla ripresa delle coppie di serraggio per tutti i bulloni della struttura.

### **10.8.3 Controllo dei connettori tipo nelson**

Tutti i pioli saranno sottoposti ad esame visivo per accertare l'assenza di discontinuità nel collarino metallico dopo saldatura. Eventuali discontinuità saranno ripristinate con elettrodi rivestiti. Non ammessa la presenza di cricche nelle saldature dei pioli.

Su almeno il 5% sarà eseguita una prova di piega ai sensi delle istruzioni CNR UNI 10016, consistente nel piegamento a 30° a colpi di mazza. In caso di rottura di almeno il 5% dei pioli testati, tutti i pioli della stessa membratura saranno sottoposti alla stessa prova.

## **10.9 CRITERI DI ACCETTABILITÀ DEI DIFETTI**

Per quanto riguarda i controlli non distruttivi di cui sopra, le saldature, in funzione della loro importanza, dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- ✓ Saldature principali: i giunti di testa, i giunti anima–piattabanda, le nervature trasversali alle piattabande o al fondo, dovranno soddisfare i requisiti della norma UNI EN 25817 classe di qualità B;
- ✓ Saldature secondarie: le altre saldature dovranno soddisfare i requisiti della norma UNI EN 25817 classe di qualità C;
- ✓ Saldature dei pioli NELSON: le saldature dei pioli dovranno soddisfare i requisiti della norma CNR 10016-85 Appendice B.

### **10.9.1 Estensione dei controlli in caso di esito negativo**

Nel caso di esito negativo, i controlli non distruttivi saranno estesi per 1 m da ogni lato del difetto o, nel caso di giunti corti (inferiori a 1 m) a due giunti adiacenti.

Nel caso di ulteriori difetti i controlli saranno estesi al 100% del giunto difettoso.

Nel caso vengano rilevati difetti planari, l'estensione al 100% sarà immediata.  
Il ritorno alle percentuali di controllo stabilite dalla specifica sarà deciso dal committente o dai suoi rappresentanti in funzione dell'esito dei successivi controlli.

#### **10.10 COLLEGAMENTI SPECIALI**

I giunti testa a testa di lamiere non previsti a disegno verranno controllati al 100% con esame visivo (secondo UNI EN 970), magnetoscopico (secondo UNI EN 1290) e ultrasonoro (secondo UNI EN 1714), e verranno riportati sui disegni "as built".

Come criterio di accettabilità, tali giunti dovranno soddisfare i requisiti della norma UNI EN 25817 classe di qualità B.

#### **10.11 PERSONALE ADDETTO ALLE ISPEZIONI E CONTROLLI DELLE SALDATURE**

I lavori di preparazione, assiemaggio e saldatura degli elementi strutturali in officina ed in cantiere dovranno essere eseguiti sotto la supervisione di un Organismo Indipendente che dovrà mettere a disposizione personale certificato come EWI (European Welding Inspector) con specifica e documentata esperienza nel campo della realizzazione delle strutture metalliche e dei ponti in particolare, con il coordinamento di un EWE (European Welding Engineer).

I controlli non distruttivi dovranno essere condotti da personale dello stesso Organismo Indipendente, certificato di Livello 2 secondo UNI EN 473, sotto la supervisione di un esperto di Livello 3.

#### **10.12 PROVE DI CARICO E COLLAUDO STATICO DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO**

Prima di sottoporre le strutture in acciaio alle prove di carico, dopo la loro ultimazione in opera e, di regola, prima che siano applicate le ultime mani di vernice, verrà eseguita da parte della Direzione dei Lavori un'accurata visita preliminare di tutte le membrature per constatare che le strutture siano state eseguite in conformità ai relativi disegni di progetto, alle buone regole d'arte ed a tutte le prescrizioni di contratto.

Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico ed al collaudo statico delle strutture, operazioni che verranno condotte, a cura e spesa dell'Appaltatore, secondo le prescrizioni contenute nel DM 17-01-2018.

## **11. CASSEFORME E CENTINATURA**

### **11.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Le presenti prescrizioni si intendono integrative delle Norme Tecniche emanate in applicazione all'art. 21 della legge n°1086 del 05/11/1971 e delle norme di legge vigenti in merito a leganti, inerti, acqua di impasto ed additivi nonché delle relative Norme UNI.

In particolare, le verifiche e le elaborazioni di cui sopra saranno condotte osservando tutte le vigenti disposizioni di Legge e le Norme emanate in materia.

L'Appaltatore sarà tenuto all'osservanza:

- ✓ della Legge 5 novembre 1971, n. 1086 “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica” (G.U. n. 321 del 21.12.1971);
- ✓ del D.M. 4 maggio 1990 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per la progettazione, la esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali” (G.U. n. 24 del 29.01.1991) e sue istruzioni emanate con circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 34233 del 25.02.1991 (Circolare ANAS. n. 28/1991 del 18.06.1991).
- ✓ del D.M. 14 febbraio 1992 “Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche (S.O. alla G.U. n. 65 del 18.03.1992);
- ✓ del D.M. 9 gennaio 1996 “Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche” (S.O. alla G.U. n. 19 del 05.02.1996);
- ✓ del D.M. 16 gennaio 1996 “Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi” (S.O. alla G.U. n. 29 del 05.02.1996) e relative integrazioni, proroghe e istruzioni emanate con circolare del Ministero LL.PP. n° 65 del 10.04.1997 (S.O. alla G.U. n. 97 del 28.04.1997);
- ✓ della circolare del Ministero LL.PP. n° 156 del 04.07.1996 concernente “Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche relative ai criteri generali e la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi” (S.O. alla G.U. n. 217 del 16.09.1996);
- ✓ della circolare del Ministero LL.PP. n° 252 del 15.10.1996 concernente “Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche” (S.O. alla G.U. n. 227 del 26.11.1996);
- ✓ UNI EN 206-1 UNI 11104: “Calcestruzzo. Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità”
- ✓ UNI 8991 “Durabilità delle opere e manufatti in calcestruzzo”



L'Appaltatore sarà tenuto inoltre a presentare all'esame della Direzione Lavori i progetti delle opere provvisorie (centine, armature di sostegno e attrezzature di costruzione). L'esame e la verifica, da parte della Direzione dei Lavori, dei progetti delle opere provvisorie non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto. Quindi resta stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione dei Lavori, l'Appaltatore rimane l'unico e diretto responsabile delle opere a termine di legge, pertanto sarà tenuto a rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

### **11.2 CASSEFORME, ARMATURE DI SOSTEGNO, CENTINATURE E ATTREZZATURE DI COSTRUZIONE**

Per tali opere provvisorie l'Appaltatore porterà alla preventiva conoscenza della Direzione Lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando la esclusiva responsabilità dell'Appaltatore stesso per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione di tali opere e la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle.

Il sistema prescelto dovrà comunque essere adatto a consentire la realizzazione della struttura in conformità alle disposizioni contenute nel progetto definitivo.

Nella progettazione e nella esecuzione delle armature di sostegno, delle centinature e delle attrezzature di costruzione, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata ed in parte isolare:

- ✓ per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- ✓ per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tranvie, ecc.;
- ✓ per le interferenze con servizi di soprasuolo o di sottosuolo.

Tutte le attrezzature dovranno essere dotate degli opportuni accorgimenti affinché in ogni punto della struttura la rimozione dei sostegni sia regolare ed uniforme.

Per quanto riguarda le casseforme viene prescritto l'uso di casseforme metalliche o di materiali fibrocompresi o compensati; in ogni caso esse dovranno avere dimensioni e spessori sufficienti ed essere opportunamente irrigidite o controventate per assicurare l'ottima riuscita delle superfici dei getti e delle strutture e la loro perfetta rispondenza ai disegni di progetto.

Per i getti di superficie in vista dovranno essere impiegate casseforme speciali atte a garantire rifiniture perfettamente piane, lisce e prive di qualsiasi irregolarità.

La Direzione Lavori si riserva, a suo insindacabile giudizio, di autorizzare l'uso di casseforme in legno; esse dovranno però essere eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianza sulle facce in vista del getto.

La superficie esterna dei getti in conglomerato cementizio dovrà essere esente da nidi di ghiaia, bolle d'aria, concentrazione di malta fine, macchie od altro che ne pregiudichi

l'uniformità e la compattezza e ciò sia ai fini della durabilità dell'opera che dell'aspetto estetico.

Per la ripresa dei getti dovranno essere adottati gli accorgimenti indicati al punto dedicato dell'articolo "Calcestruzzi".

Le parti componenti i casseri dovranno risultare a perfetto contatto per evitare la fuoriuscita di boiaccia cementizia.

Nel caso di cassetta a perdere, inglobata nell'opera, si dovrà verificare la sua funzionalità se è elemento portante e che non sia dannosa se è elemento accessorio.

I casseri dovranno essere puliti e privi di elementi che possano in ogni modo pregiudicare l'aspetto della superficie del conglomerato cementizio indurito. Si dovrà far uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui che non dovranno assolutamente macchiare la superficie in vista del conglomerato cementizio.

Su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato lo stesso prodotto. Se verranno impiegate casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto e, qualora espressamente previsto nel progetto, si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata nel qual caso la vibrazione dovrà essere contemporanea al getto.

Qualora sia prevista la realizzazione di conglomerati cementizi colorati o con cemento bianco, l'impiego dei disarmanti dovrà essere subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto non alteri il colore.

Salvo diversamente previsto negli elaborati progettuali, le casseforme a perdere per la realizzazione degli alleggerimenti saranno eseguite casseforme a perdere, realizzate con pannelli di rete tipo "PERNERVOMETAL" o similare montate su strutture di irrigidimento, in tondino di acciaio o in legno, per la costituzione di zone di alleggerimento.

In alternativa, tali zone di alleggerimento potranno essere realizzate con blocchi di polistirolo espanso di adeguato peso specifico, sufficiente cioè a sopportare le pressioni del calcestruzzo in fase di presa.

Sistemi alternativi a quelli descritti potranno essere adottati dall'Appaltatore previa approvazione della Direzione Lavori.

## **12. IMPIANTI**

### **12.1 IMPIANTI FM E ILLUMINAZIONE**

#### **12.1.1 Generali**

Interruttore aut. Magnetotermico potere di interruzione da 25 kA,  $I_n = 25 \div 100$  A  
Interruttore automatico magnetotermico, con marchio IMQ avente le seguenti caratteristiche: Tensione nominale: 690 V a.c., Tensione di isolamento: 690 V a.c.. Corrente nominale:  $25 \div 160$  A, Potere di interruzione: 25 kA. Compresi il montaggio in quadro, il collegamento elettrico ed il successivo collaudo n. poli "P" ; corrente nominale "In" ( $T_a = 40^\circ\text{C}$ ) 4P;  $I_n = 25 \div 100$  A

Modulo differenziale per accoppiamento a magnetotermico da 0,5 a 125A  $I^m \times A$   $I_n = 63$  A; 0,3-0,5A; fisso Modulo differenziale per accoppiamento a magnetotermico da 0,5 a 125 A da 2P a 4P, conforme alle norme CEI, con marchio IMQ avente le seguenti caratteristiche: Tensione nominale: 50/500 V a.c., Tensione di isolamento: 500 V a.c., Potere di interruzione differenziale: 6 kA, Ritardo regolabile da 0 a 3 s, Corrente nominale differenziale: da 0,03 a 3 A, Corrente di guasto alternata o alternata con pulsanti unidirezionali. Compresi il montaggio su guida DIN 35, il collegamento elettrico ed il successivo collaudo n. poli "P"; correnti nominali; "In" ( $T_a = 30^\circ\text{C}$ ); n. moduli "m"; caratteristica di intervento differenziale "A" o "AC";-Corrente nominale differenziale  $I^m \times A$   $I_n = 125$  A; 0,3-0,5 A; fisso

Sganciatore a lancio corrente, per interruttori automatici magnetotermici scatolati da 125 A a 1600 A, alimentazione in c.a. o c.c., Sganciatore a lancio corrente

Segnalatore ottico, in contenitore isolante serie modulare, con lampada a scarica, tensione d'esercizio 250 V c.a., Segnalatore ottico in contenitore isolante serie modulare

Limitatore di sovratensione quadripolare, scarica massima 40 kA. Scaricatore di sovratensione classe II, grado di protezione IP20, fissaggio su guida DIN, normativa di riferimento IEC 61643-1, corrente di scarica nominale 20 kA, corrente di scarica massima 40 kA, poli 4P, tensione continuativa 275/350 V, livello di protezione <1,5 kV, con segnalazione remota

Interruttore automatico magnetotermico differenziale, conforme alle norme CEI con marchio IMQ, avente le seguenti caratteristiche: Tensione nominale 230 V a.c.; Tensione di isolamento 500 V a.c.; Potere di interruzione 6 kA; Potere di interruzione differenziale 6 kA; Corrente nominale differenziale da 0,01 a 0,3 A; Corrente di guasto alternata; Caratteristica di intervento magnetico C; Classe di limitazione secondo CEI En 60898 =3;

Grado di protezione sui morsetti IP20. Compresi il montaggio su guida DIN 35, il collegamento elettrico ed il successivo collaudo n. poli "P"; correnti nominali; " In" (Ta=30°C); n. moduli "m"; caratteristica di intervento differenziale "A" o "AC" 4P;  
In=6÷32 A; 4m; AC  
In=10÷32 A; 2m; AC

Contattore, conforme alle norme CEI, con marchio IMQ, avente le seguenti caratteristiche: Tensione nominale di isolamento 250/400 V a.c.; Tensione nominale circuito di potenza 250/400 V a.c.; Tensione di isolamento 500 V a.c.; Corrente di cortocircuito condizionato 3 kA; Grado di protezione su morsetti IP20. Compresi il montaggio su guida DIN 35, il collegamento elettrico ed il successivo collaudo tipo di contatto; alimentazione bobina "Vn"; "In"; circuito di potenza "Vn"; n. moduli "m" 2NO; 230 V; 20 A; 250 V; 1 modulo

Portafusibili sezionatore per fusibili a cartuccia, tensione d'esercizio fino a 400 V c.a., in contenitore isolante serie modulare, Tripolare più neutro, fino a 20 A

Portafusibili sezionatore per fusibili a cartuccia, tensione d'esercizio fino a 400 V c.a., in contenitore isolante serie modulare, Bipolare, fino a 20 A

Interruttore crepuscolare elettronico, portata rel, 16 A-250 V c.a., tempo di intervento, sensibilità ed isteresi regolabili, in contenitore isolante serie modulare, alimentazione 230 V-50 Hz, sonda esterna in contenitore plastico IP55, con esclusione del collegamento tra l'interruttore e la sonda Interruttore crepuscolare elettronico

Interruttore orario programmabile, contenitore isolante serie modulare, portata dei contatti 16 A con tensione d'esercizio 230 V c.a. Tipo elettronico digitale con programma giornaliero e settimanale

Armadio realizzato in vetroresina, Colore grigio RAL 7040, Serratura a doppia chiusura tipo unificato ENEL secondo DS 4541, SCR87/2C). Predisposto per installazione a pavimento o a parete. Grado di protezione CEI EN 60529 Resistenza agli urti CEI EN 62262 Adatto per il montaggio dei contatori elettronici max n°1 trifase integrato tipo GTWS per potenze da 30 a 200Kw o max n°1 trifase per potenze da 30 a 200Kw tipo GISS; fissaggio mediante n° 1 complesso TA BT (matricola 530015). Compreso di telaio di ancoraggio a pavimento e accessori per la posa. Dimensioni ingombro 720x1394x450mm Dimensioni utili 640x1365x375mm

Armadio realizzato in vetroresina, colore grigio RAL 7040. Serratura unificata ENEL DS 4541 (SCR87/2C) agibile su 3 punti a doppia chiusura: triangolare, ad uso esclusivo ENEL e a cilindro di sicurezza a cifratura diversa a uso utente. Grado di protezione CEI EN 60529 Resistenza agli urti CEI EN 62262 Adatto per il montaggio dei contatori elettronici n°1 trifase integrato tipo GTWD per

potenze da 15 a 30KW o n°1 trifase per potenze fino a 30Kw tipo GET3A. Compreso di telaio di ancoraggio a pavimento e accessori per la posa. Dimensioni ingombro 714x660x271mm Dimensioni utili 685x630x240mm

Centralini da parete in resina, versione IP 54/65 equipaggiati con guida DIN 35 e morsettiera

Centralino per 12 moduli 266x246x132 mm

Centralino per 9 moduli 217x253x115 mm

Carpenteria in lamiera metallica verniciata con resine epossidiche, tipo componibile in elementi prefabbricati da assemblare, inclusi gli accessori per l'alloggiamento dispositivi elettrici scatolati e modulari, grado di protezione IP 55, completo di portello a cristallo trasparente con serratura a chiave

1800x600x400 mm

1200x600x200 mm

600x600x200 mm

Canalina L300 P400 per arrivi cavi (zona anteriore). Carpenteria per quadro elettrico IP55 in lamiera verniciata. Carpenteria per quadro elettrico IP55 in lamiera verniciata a fuoco o con polveri epossidiche, grado di protezione IP55, tenuta meccanica IK10, con porta. Sono compresi: le guide DIN; le piastre di fondo; i pannelli preforati; lo zoccolo. E' inoltre compreso quanto altro occorre per dare l'opera finita. Nelle misure assimilabili: Canalina L300 P400 per arrivi cavi (zona anteriore)

Cavo unipolare FG16(O)M16 Conduttore unipolare o multipolare flessibile di rame rosso ricotto isolato in gomma HEPR di qualità G16 sotto guaina termoplastica di qualità M16, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e conforme al Regolamento Prodotti da Costruzione CPR (UE) n.305/11, classificato secondo la norma CEI UNEL 35016, rispondente alle norme EN 50575, EN 50575 A1, CEI UNEL 35324 35328, marchiatura CE ed IMQ, Tensione nominale: Uo/U: 0,6/1 kV - Classe di reazione al fuoco: Cca- s1b,d1,a1.

Sigla di designazione FG16(O)M16 - 1 x 35 mmq

Sigla di designazione FG16(O)M16 - 1 x 16 mmq

Sigla di designazione FG16(O)M16 - 1 x 150 mmq

Sigla di designazione FG16(O)M16 - 1 x 95 mmq

Cavo pentapolare FG16(O)M16 Conduttore unipolare o multipolare flessibile di rame rosso ricotto isolato in gomma HEPR di qualità G16 sotto guaina termoplastica di qualità M16, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e conforme al Regolamento Prodotti da Costruzione CPR (UE) n.305/11, classificato secondo la norma CEI UNEL 35016, rispondente alle norme EN 50575, EN 50575 A1, CEI UNEL 35324 35328, marchiatura CE ed IMQ, Tensione nominale: Uo/U: 0,6/1 kV - Classe di reazione al fuoco: Cca- s1b,d1,a1. Sigla di designazione FG16(O)M16 - 5 G 25 mmq

Cca- s1b,d1,a1. Sigla di designazione FG16(O)M16 - 5 G 6 mmq

Cca- s1b,d1,a1. Sigla di designazione FG16(O)M16 - 5 G 4 mmq

Cavo tripolare FG16(O)M16 Conduttore unipolare o multipolare flessibile di rame rosso ricotto isolato in gomma HEPR di qualità G16 sotto guaina termoplastica di qualità M16, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e conforme al Regolamento Prodotti da Costruzione CPR (UE) n.305/11, classificato secondo la norma CEI UNEL 35016, rispondente alle norme EN 50575, EN 50575 A1, CEI UNEL 35324 35328, marchiatura CE ed IMQ, Tensione nominale: Uo/U: 0,6/1 kV - Classe di reazione al fuoco: Cca- s1b,d1,a1.

Sigla di designazione FG16(O)M16 - 3 x 1,5 mmq

Sigla di designazione FG16(O)M16 - 3 x 2,5 mmq

Sigla di designazione FG16(O)M16 - 3 x 4 mmq

Canale in acciaio zincato Sendzimir avente le seguenti caratteristiche: base forata (circa 15% della superficie), con asole 25x7 mm e bordi forati con asole 10x7 mm o chiusa; installazione a parete, soffitto o sospesa. Protezione IP20 se forata con coperchio, IP40 chiusa con coperchio, IP44 con accessorio. Coperchi e accessori quotati a parte:

elemento rettilineo altezza 80 mm, base 100 mm

elemento rettilineo altezza 80 mm, base 200 mm

Canale in acciaio zincato Sendzimir base forata o chiusa; installazione a parete, soffitto o sospesa.

Coperchio base 100 mm

Coperchio base 200 mm

Testata di chiusura altezza 80 mm base 100 mm

Testata di chiusura altezza 80 mm base 200 mm

Canale in lamiera zincata a caldo con processo Sendzimir, spessore del rivestimento protettivo non inferiore a 14 micron, lunghezza del singolo elemento 3,0 m, a fondo cieco o forato, coperchio escluso.

Deviazione in salita o in discesa, a 45° o 90° Sezione 100 x 75 mm, spessore 8/10 mm

Deviazione in salita o in discesa, a 45° o 90° Sezione 200 x 75 mm, spessore 10/10 mm

Derivazione piana a tre vie Sezione 100 x 75 mm, spessore 8/10 mm

Mensole per sistemi di canali o passerelle zincate, formate da mensole in acciaio zincato, Di larghezza 100 mm

Di larghezza 200 mm

Cavidotto di doppia tubazione flessibile corrugata a doppia parete per linee di alimentazione elettrica in polietilene ad alta densità, forniti in rotoli, in scavo o in cavedi (pagati a parte), compresi giunzioni, curve, manicotti, cavallotti di fissaggio

Diametro 110 mm

Cavidotto in tubazione flessibile corrugata a doppia parete di linee di alimentazione elettrica in polietilene ad alta densità, fornito in rotoli, in scavo o in cavedi (pagati a parte), compresi giunzioni, curve, manicotti, cavallotti di fissaggio  
Diametro 110 mm

Pozzetto di raccordo pedonale, non diaframmato, realizzato con elementi prefabbricati in cemento vibrato con impronte laterali per l'immissione di tubi, senza coperchio o griglia, posto in opera per l'allaccio a tenuta con le tubazioni, inclusi il letto con calcestruzzo cementizio, il rinfiacco e il rinterro con la sola esclusione degli oneri per lo scavo  
Dimensioni 60x60x60 cm  
Dimensioni 40x40x40 cm

Chiusino di ispezione classe C250 con chiusura prodotto in materiale composito con superficie antisdrucciolo in conformità alla norma UNI vigente da azienda certificata ISO 9001 e 14001, avente marcatura riportante classe di resistenza, norma di riferimento, identificazione del produttore e marchio di qualità rilasciato da un ente di certificazione internazionalmente riconosciuto, con telaio circolare.  
Dimensioni 600x600 mm e luce netta non inferiore a 500x500 mm  
Dimensioni 500x500 mm e luce netta non inferiore a 400x400 mm

Presse interbloccate per installazione da quadro, in materiale termoplastico, con base portafusibili, 50/60 Hz, IP66/67, conforme alla normativa IEC/EN 60309-1, IEC/EN 60309-2, IEC/EN 60309-4, IEC/EN 60947-3:  
2P+T 16 A 200-250 V 6h  
3P+T 16 A 380-415 V 6h

Quadro da parete con finestra trasparente 10 moduli din per 2 prese interbloccate IP66

Cassetta modulare da parete stagna a pareti cieche, con coperchio basso, in materiale termoindurente IP65, temperatura di impiego -40°C +70°C, conforme alle norme CEI  
Cassetta IP65  
da 185x92x50 mm con coperchio 18 mm  
da 92x125x50 mm con coperchio 18 mm

Apparecchio di illuminazione a parete, plafone, incasso, corpo in policarbonato, ottica simmetrica, schermo in policarbonato trasparente, per lampada fluorescente, alimentazione 230 V, grado di protezione IP65, batteria NiCd, con autotest: potenza 11 W, autonomia  
1 h, non permanente.

Corda in rame nudo, completa di morsetti e capicorda, posata su passerella, tubazione protettiva o cunicolo Sezione nominale 35 mmq

Piastra equipotenziale per bandella e conduttori tondi per interconnessori tra diversi sistemi, A 6 attacchi

Dispersore a croce in profilato di acciaio zincato a caldo, munito di bandierina con 2 fori diametro 13 mm per allacciamento conduttori tondi e bandelle alloggiato in pozzetto di materiale plastico delle dimensioni di 400x400 mm Lunghezza 1,5 m

Interruttore di manovra con leva piombabile, in contenitore isolante serie modulare, Tetrapolare portata

32 A, tensione d'esercizio 400 V c.a.

63 A, tensione d'esercizio 400 V c.a.

Tubo per impianti elettrici protettivi isolanti del tipo rigido pesante in PVC piegabile a freddo, auto estinguente, completo di sonda tira - filo, giunzioni, curve, manicotti, cavallotti di fissaggio, sotto traccia o all'interno di controsoffitti o intercapedini o in vista

Diametro 20 mm

Diametro 32 mm

Plafoniera stagna a LED per montaggio a soffitto o sospensione, corpo stampato ad iniezione, in policarbonato grigio, infrangibile, di elevata resistenza meccanica grazie alla struttura rinforzata da nervature interne. Diffusore stampato ad iniezione in policarbonato con righe interne per un maggior controllo luminoso, autoestinguente V2, stabilizzato ai raggi UV, finitura esterna liscia per facilitare la pulizia necessaria per avere la massima efficienza luminosa. Chiusura a incastro e con viti di sicurezza in acciaio inox.

Riflettore in acciaio zincato preverniciato bianco a forno con resina poliestere stabilizzato ai raggi UV. Fissato al corpo con innesto rapido mediante dispositivo ricavato direttamente sul corpo. Dimensioni 1260x102x120 mm. Grado di protezione IP66.

Potenza 50 W - 6800 lm

Potenza 20-23-37 W - 2600-3100 lm

Conduttore unipolare o multipolare flessibile di rame rosso ricotto isolato in gomma HEPR di qualità G16 sotto guaina termoplastica di qualità M16, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e conforme al Regolamento Prodotti da Costruzione CPR (UE) n.305/11, classificato secondo la norma CEI UNEL 35016, rispondente alle norme EN 50575, EN 50575 A1, CEI UNEL 35324 35328, marchiatura CE ed IMQ, Tensione nominale: Uo/U: 0,6/1 kV - Classe di reazione al fuoco: Ccas1b, d1,a1. Sigla di designazione FG16(O)M16 - 5 G 16 mmq

### **12.1.2 Impianto elettrico per edificio civile**

Impianto elettrico per edificio civile per ambiente fino a 16 mq completo di sistema di distribuzione con eventuali opere in tracce su muratura; conduttori del tipo FS17 di sezione minima di fase e di terra pari a 1,5 mmq; scatola di derivazione incassata da



104x66x48 mm con coperchio oppure se a vista da 100x100x50 mm; scatola portafrutto incassata a muro 3 posti oppure se a vista 1 posto da 66x82 mm; -supporti con viti vincolanti per scatola 3 posti; frutti, serie commerciale; placche in materiale plastico o metallo 1 posti per scatola 3 posti; morsetti a mantello o con caratteristiche analoghe; conforme alle norme CEI e progettato ed eseguito in conformità delle norme tecniche vigenti, incluse le opere murarie per l'apertura delle tracce, fori e quant'altro per il posizionamento e fissaggio dei pezzi. Punto luce a deviatore e invertitore 10 A Punto luce in vista IP5X

Impianto elettrico per edificio civile per ambiente fino a 16 mq completo di sistema di distribuzione con eventuali opere in tracce su muratura; conduttori del tipo FS17 di sezione minima di fase e di terra pari a 2.5 mmq; scatola di derivazione incassata da 104x66x48 mm con coperchio oppure se a vista da 100x100x50 mm; scatola portafrutto incassata a muro 3 posti oppure se a vista da 66x82 mm; supporto 1 posto con viti vincolanti per scatola 3 posti; frutto, serie commerciale; placca in materiale plastico o metallo 1 posto per scatola 3 posti; morsetti a mantello o con caratteristiche analoghe; conforme alle norme CEI e progettato ed eseguito in conformità delle norme tecniche vigenti, incluse le opere murarie per l'apertura delle tracce, fori e quant'altro per il posizionamento e fissaggio dei pezzi. Per punto luce a interruttore 16 A Punto luce a vista IP 5X

Impianto elettrico per edificio civile per ambiente fino a 16 mq completo di sistema di distribuzione con eventuali opere in tracce su muratura; conduttori del tipo FS17 di sezione minima di fase e di terra pari a 2,5 mmq; scatola di derivazione incassata da 104x66x48 mm con coperchio oppure se a vista da 100x100x50 mm; scatola portafrutto incassata a muro 3 posti oppure se a vista 2 posti da 66x82 mm; supporto con viti vincolanti a scatola; frutto, serie commerciale; placca in materiale plastico o metallo; morsetti a mantello o con caratteristiche analoghe; conforme alle norme CEI e progettato ed eseguito in conformità delle norme tecniche vigenti, incluse le opere murarie per l'apertura delle tracce, fori e quant'altro per il posizionamento e fissaggio dei pezzi. Punto presa UNEL 10/16 A. In vista IP5X

Impianto elettrico per edificio civile completo di connessione al sistema di distribuzione (quest'ultimo pagato a parte); scatola portafrutto incassata a muro 3 posti oppure se a vista 1 posto da 66x82 mm; supporto con viti vincolanti a scatola; presa telefonica / EDP; placca in materiale plastico o metallo; conforme alle norme CEI e progettato ed eseguito in conformità delle norme tecniche vigenti, incluse le opere murarie per l'apertura delle tracce, fori e quant'altro per il posizionamento e fissaggio dei pezzi. Punto presa telefonica/EDP. Punto presa RJ45 in vista.

Impianto elettrico per edificio civile completo di sistema di distribuzione con eventuali opere in tracce su muratura calcolato per 6m; conduttori del tipo FS17 di sezione minima di fase e di terra pari a 1,5mmq; scatola di derivazione incassata da 104x66x48 mm con

coperchio oppure se a vista da 100x100x50 mm; scatola portafrutto incassata a muro 3 posti oppure se a vista da 66x82 mm; supporto 1 posto con viti vincolanti per scatola 3 posti; frutto, serie commerciale; placca in materiale plastico o metallo 1 posto per scatola 3 posti; morsetti a mantello o con caratteristiche analoghe; conforme alle norme CEI e progettato ed eseguito in conformità delle norme tecniche vigenti, incluse le opere murarie per l'apertura delle tracce, fori e quant'altro per il posizionamento e fissaggio dei pezzi. Punto luce a interruttore 10 A. A pulsante in vista IP5X.

### **12.1.3 Colonnina ricarica auto elettrica**

#### **FUNZIONALITÀ:**

- Ricarica rapida CCS Tipo 2 fino a 50 kW.
- Ricarica rapida CHAdeMO fino a 50 kW.
- Ricarica rapida AC Tipo 2 fino a 43,5 kW.
- Autenticazione mediante schede RFID/NFC.
- Touch screen a colori da 7”.
- Robusto involucro in acciaio per un’ottimale resistenza anche in condizioni atmosferiche estreme.
- Possibilità di ricarica simultanea in AC e DC

#### **COMUNICAZIONI**

- Comunicazione locale con altri punti di ricarica
- Comunicazione in remoto mediante Ethernet e 3G.
- Compatibilità con il protocollo OCPP

#### **SICUREZZA**

- Interruttori magnetotermici e differenziali contro contatti indiretti, cortocircuiti e sovraccarichi.
- Pulsante di emergenza ad alta visibilità per garantire la massima sicurezza d’uso.

#### **INGRESSO AC (uscita DC)**

- Tensione Trifase + N + PE; 400 Vac  $\pm 15\%$
- Frequenza 50 Hz
- Corrente nominale 77 A
- Potenza nominale 53 kVA
- Efficienza  $>94\%$
- Fattore di potenza  $>0,98$

#### **INGRESSO AC (uscita AC)**

- Tensione Trifase + N + PE; 400 Vac  $\pm 15\%$
- Frequenza 50 Hz
- Corrente nominale 63 A
- Potenza nominale 43,5 kVA
- Connettori in uscita Modo 3 AC Tipo 2

- Valori in uscita (DC)
- Range di tensione 50 - 500 V
- Corrente massima 125 A
- Potenza massima 50 kW
- Connettori CCS Tipo 2 / CHAdeMO(1)

#### NORMATIVE E SICUREZZA

- Standard generali IEC 61851-1, IEC 61851-23, IEC 61851-24, CHAdeMO 1.0.0, DIN 70121, ISO 15118, IEC 61000
- Sovraccarico di corrente: Cortocircuiti nei due ingressi AC
- Contatti indiretti: Dispositivo di corrente residua (RCD) / Ingresso AC (uscita DC) 300 mA Tipo A / Ingresso AC (uscita DC) 30 mA tipo A (Tipo B opzionale)(2)
- Sovratensioni: Scaricatori di sovratensione di Tipo 3

#### FUNZIONI / ACCESSORI

- Comunicazione Ethernet, GPRS-3G(3), Wi-Fi(3)
- Protocollo di comunicazione OCPP
- HMI Touch screen TFT da 7", RFID (MIFARE Classic 1K e 4K, MIFARE DESFire EV1, NFC(3))

#### INFORMAZIONI GENERALI

- Sistema di raffreddamento Ventilazione forzata
- Consumo in modalità stand-by <100 W
- Lunghezza del cavo 3,2 m(4)
- Temperatura operativa da -25 °C a + 60 °C
- Umidità 0 - 95% - senza condensa
- Peso 620 kg
- Dimensioni 785 x 700 x 1.900 mm
- Struttura e involucro Lamiera in acciaio zincato. RAL 9003
- Gradi di protezione ambientale IP55 / IK10 (display e griglia di ventilazione IK08)
- Marcatura CE CE

## 12.2 IMPIANTI SPECIALI

### 12.2.1 Distribuzione in galleria – Collegamento telecamera

***Cavo 24 FO est loose OS2 9/125 armatura metallica HDPE EuroClass Fca***

***Cavo U/UTP 4P Cat.6 250 MHz LSZH Euroclass E***

#### ***Impianto elettrico***

Impianto elettrico per edificio civile completo di connessione al sistema di distribuzione (quest'ultimo pagato a parte); scatola portafrutto incassata a muro 3 posti oppure se a

vista 1 posto da 66x82 mm; supporto con viti vincolanti a scatola; presa telefonica / EDP; placca in materiale plastico o metallo; conforme alle norme CEI e progettato ed eseguito in conformità delle norme tecniche vigenti, incluse le opere murarie per l'apertura delle tracce, fori e quant'altro per il posizionamento e fissaggio dei pezzi. Punto presa telefonica/EDP. Punto presa RJ45 in vista.

**Patch cord U/UTP 4P cat.6 250 MHz LSZH 0,5 m cad 9,10**

**12.2.2 Locale di controllo**

**Materiali**

allestimento dell'armadio rack

- armadio progress a pavimento c/porta anteriore in vetro, pannelli laterali e posteriore ciechi, zoccolo h.100mm, montanti anteriori e posteriori 19" - 33u 800x800
- pannello passacavo 19" nero con 5 anelli
- accessori vari d'installazione e materiali di uso e consumo
- multipresa 6 prese alim. con interruttore nera
- multipresa 6 prese alim. con interruttore rossa terminazione ottica - lato rack
- cassetto ottico ad 1 unita' fino a 12 bussole sc duplex
- vassoio portagiunti a 24 giunti per cassetto ottico da 1 unità
- bussola dx sc/upc eth
- pigtail 9/125 sc/upc 2 mt

**Servizi**

- installazione ed allestimento armadio rack
- installazione ed allestimento cassetto ottico in armadio rack
- terminazione fibra ottica

**12.2.3 Quadri di zona**

**Materiali**

- quadro tais cube porta cieca mis.6 ip66
- piastra tais cube termoind.550x745 m6
- tais cube set 4 staffe fissaggio inox
- serratura a chiave kit per tais cube
- box di giunzione e terminazione 2m - senza schede portagiunti
- pacchetto schede portagiunti hd4fino a 48 giunti
- bretella ottica sc/lc upc/upc 9/125 dx 2 mt

**Servizi**

- installazione ed allestimento del quadro
- installazione ed allestimento cassetto ottico
- terminazione fibra ottica n° 4 terminazioni per ogni quadro
- certificazione fibra ottica con l'utilizzo di strumento di misurazione ottica (otdr)

- giunzione fibra ottica del cavo da 24 fo ad ogni box

#### **12.2.4 Apparati attivi**

##### ***Switch di sistema***

###### Materiali

- hp switch aruba 2930f 24g 4 sfp+ 1/10 gbe
- minigibic hp x121 1g sfp lc lx transceiver - uplink fibra
- bretella ottica sc/lc upc/upc 9/125 dx 2 mt
- accessori vari per il collegamento dei 2 switch per l'attivazione della ridondanza

###### Servizi

- installazione degli apparati in armadio rack, prima configurazione ed avviamento della centrale e dello switch
- configurazione su base esecutiva e collaudo

##### ***Switch di controllo installati nei quadri***

###### Materiali

- ip30, ipv6/ipv4, l2+ 8-port 10/100/1000t 802.3at poe + 2- port 100/1000x sfp wall-mount managed switch (-40~75 degr ees c, dual power input on 48-56vdc terminal block and power jack, erps ring, 1588, modbus tcp, onvif, snmpv3, 802.1q vlan, igmp snooping, ssl, ssh, acl)
- mini gbic lx module (single mode, 20 km) (-40 to 75 c), ddm supported
- 48v, 240w din-rail power supply drp-240-48

###### Servizi

- configurazione su base esecutiva e collaudo

##### ***Centrale telefonica sam 2c***

##### ***Sistema citofonico***

###### Materiali

- 2n helios ip force - 1 tasto e altoparlante
- scatola montaggio in muratura
- patch cord utp cat.6 bianco 2 mt
- telefono grandstream gxv-3370 android video ip phone: 16 account sip, 2 poe gigabit, display a colori touch

###### Servizi

- installazione e configurazione citofono
- installazione e configurazione terminale telefonico

### ***Apparati di videosorveglianza***

#### **Materiali**

- tvcc sn bullet camera 4 mpix sensore 1/3" prog scan cmos ottica motorizzata autofocus lente 2,7 ~ 12 mm distanza ir fino a 50 mt
- junction box tonda per bullet
- staffa a palo per tvcc bullet
- nvr smart ip professional non poe 08ch08ch 2hdd nvr canali: 08ch h.265/h.264 banda in ingresso: 80mbps, (main stream 64mbps, sub stream 16mbps) risoluzione registrazione: 8mp/6mp/5mp/4mp/3mp/1080p/720p/d1 sata hdd: 1 hdd slot, up to 8tb for each disk
- hard disk wd red pro 4tb

#### **Servizi**

- installazione e configurazione del nvr nr 1,00 760,00 0 760,00 760,00
- installazione, configurazione e puntamento tvcc