

INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELL'AREA A GRAVE RISCHIO EX L.267/98
CHE INTERESSA IL CENTRO ABITATO DI LOVERE CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLA ZONA DI VIA
CORNASOLA - VIA NAZIONALE - VIA DANTE



COMUNE DI LOVERE
PROVINCIA DI BERGAMO

Fase Progettuale

PROGETTO DEFINITIVO

Oggetto

Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici

Ing. P. Cancelli
Ing. G. Bragonzi

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: sca@sca.fastwebnet.it

prof. geol. Lamberto Griffini
Ing. Massimo Griffini

STUDIO GRIFFINI
GEOLOGIA GEOTECNICA STRUTTURE

Ing. G. Federici

ARKINGLAB

Dott. Geol. F. Baio

Fabio BAIO * geologo

Collaborazione

Ing. F. Cattaneo
Ing. L. Tedeschi
Ing. S. Rozzoni

Elaborato

F01

Codice 271D020T14

Scala -

Data	n°	Descrizione	Approvato
25/10/2021	1	Revisione per importo quadro economico	PC
15/09/2021	0	Emissione per consegna	PC



Indice

1	PREMESSA	4
2	OPERE PROPEDEUTICHE AL CANTIERE.....	5
2.1	<i>Prescrizioni relative ai lavori in genere</i>	<i>5</i>
2.2	<i>Aree da adibire a cantiere</i>	<i>5</i>
2.3	<i>Discariche normali e speciali</i>	<i>5</i>
2.4	<i>Asportazione e accantonamento della terra di coltivo.....</i>	<i>5</i>
3	FORMAZIONE DI SCAVI DI SBANCAMENTO, SCAVI IN PRESENZA D'ACQUA, TRACCIAMENTI.....	6
3.1	<i>Definizione del lavoro.....</i>	<i>6</i>
3.2	<i>Tracciamenti</i>	<i>6</i>
3.3	<i>Collaudi</i>	<i>6</i>
3.4	<i>Oneri a carico dell'appaltatore</i>	<i>6</i>
3.5	<i>Prescrizioni di validità generale</i>	<i>7</i>
3.6	<i>Rimozione dei materiali</i>	<i>8</i>
3.7	<i>Scavi di sbancamento</i>	<i>8</i>
4	STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO.....	9
4.1	<i>Conglomerati cementizi semplici e armati.....</i>	<i>9</i>
4.1.1	<i>Produzione</i>	<i>9</i>
4.1.2	<i>Laboratorio.....</i>	<i>9</i>
4.1.3	<i>Classificazione delle unità produttive</i>	<i>10</i>
4.1.4	<i>Caratteristiche dei componenti</i>	<i>14</i>
4.1.5	<i>Caratteristiche del conglomerato cementizio</i>	<i>15</i>
4.1.6	<i>Prove in corso d'opera</i>	<i>17</i>
4.1.7	<i>Sistema di trasporto a piè d'opera del conglomerato cementizio.....</i>	<i>18</i>
4.1.8	<i>Posa in opera</i>	<i>19</i>
4.1.9	<i>Stagionatura e disarmo</i>	<i>20</i>
4.1.10	<i>Giunti di discontinuità ed opere accessorie nelle strutture in conglomerato cementizio</i>	<i>20</i>
4.2	<i>Additivi per impasti cementizi</i>	<i>22</i>
4.2.1	<i>Additivi acceleranti</i>	<i>23</i>
4.2.2	<i>Additivi ritardanti</i>	<i>23</i>
4.2.3	<i>Additivi antigelo</i>	<i>23</i>
4.2.4	<i>Additivi fluidificanti e superfluidificanti.....</i>	<i>24</i>
4.2.5	<i>Additivi aeranti</i>	<i>24</i>
4.2.6	<i>Agenti espansivi.....</i>	<i>24</i>



4.2.7	Additivi inibitori di corrosione migratorio e di contatto per calcestruzzi armati con protezione catodica ed anodica	25
4.3	Casseforme	25
4.4	Acciaio per cemento armato	26
4.4.1	Requisiti principali	26
4.4.2	Acciaio in barre ad aderenza migliorata	26
4.4.3	Caratteristiche meccaniche e tecnologiche	26
4.4.4	Prova di aderenza	27
4.4.5	Zincatura dell'acciaio per cemento armato	27
4.4.6	Prove sulle barre di armatura	27
5	PALI TRIVELLATI DI GRANDE DIAMETRO	28
5.1	Armature pali	29
5.1.1	Copriferro	31
5.2	Calcestruzzo pali	31
5.2.1	Posa in opera	31
5.2.2	Getto	33
6	TIRANTI DI ANCORAGGIO	35
6.1	Definizione, classificazione e campi di applicazione	35
6.2	Materiali ed elementi costruttivi	36
6.2.1	Trefoli tipo c.a.p.	36
6.2.2	Dispositivi di bloccaggio	36
6.2.3	Piastre di ripartizione	36
6.2.4	Miscele	36
6.2.5	Distanziatori, tamponi e condotti di iniezione	37
6.3	Tolleranze geometriche	37
6.4	Perforazione	38
6.5	Elementi di protezione	39
6.6	Protezione anticorrosiva in opera	39
7	INIEZIONI PRIMARIE DI MISCELE DI CEMENTO, INERTI LEGGERI DI POMICE, ACQUA, OLTRE AD EVENTUALI ADDITIVI	41
7.1	Composizione e caratteristiche della miscela da iniettare	41
7.2	Materie Prime	41
7.3	Prove, modalità di accettazione e validazione della miscela	41
7.4	Misurazioni e controllo della qualità dei materiali iniettati	42



1 PREMESSA

Il presente disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici ha per oggetto tutte le lavorazioni necessarie per la realizzazione degli "interventi di mitigazione del rischio idrogeologico nell'area a grave rischio ex L.267/98 che interessa il centro abitato di Lovere con particolare riferimento alla zona di via Cornasola - via Nazionale - via Dante.



2 OPERE PROPEDEUTICHE AL CANTIERE

2.1 Prescrizioni relative ai lavori in genere

Tutti i lavori in genere devono essere seguiti secondo le norme di buona tecnica ed uniformati alle prescrizioni che, per ciascuna categoria, stabiliscono gli articoli del presente Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici, salvo quelle maggiori istruzioni, che saranno fornite dalla D.L. in corso di esecuzione.

2.2 Aree da adibire a cantiere

L'onere della richiesta in concessione dell'impiego delle aree, che dovranno essere adibite a cantiere, spetta all'Appaltatore nel caso in cui queste siano esterne alle aree consegnate dal Committente, il quale dovrà ottemperare scrupolosamente a tutte le prescrizioni, gli obblighi e gli oneri della concessione.

Le aree medesime dovranno esclusivamente servire ad uso di cantiere, per i lavori appaltati e, quindi, non potranno, in nessuna circostanza, essere destinate, sia pure temporaneamente, ad altro uso.

2.3 Discariche normali e speciali

Tutti i materiali provenienti dagli scavi di ogni genere, dalle demolizioni e da smantellamento di opere provvisorie e/o baraccamenti di cantiere devono essere trasportati alle pubbliche discariche autorizzate, ad esclusione di quelli necessari al successivo riutilizzo e/o quelli per cui la D.L. ha prescritto l'accatastamento presso un deposito o in cantiere.

2.4 Asportazione e accantonamento della terra di coltivo

L'asportazione della terra di coltivo è preceduta dalla eliminazione della vegetazione esistente, accantonamento della stessa ed allontanamento presso discariche autorizzate; l'asportazione verrà realizzata avendo cura di evitare materiale inerte, rifiuti affioranti, fanghi ed argille presenti negli strati inferiori. La terra di coltivo verrà accatastata in cantiere o su area limitrofa.

Nell'asportazione degli inerti si avrà cura di controllare che il materiale scavato non contenga rifiuti di materiale ferroso, plastico, oli minerali, ecc.



3 FORMAZIONE DI SCAVI DI SBANCAMENTO, SCAVI IN PRESENZA D'ACQUA, TRACCIAMENTI

3.1 Definizione del lavoro

La presente descrizione definisce le modalità per l'esecuzione di:

- tracciamenti;
- scavi di sbancamento generale;
- scavi a sezione obbligata;
- scavi in presenza di acqua.

3.2 Tracciamenti

Prima della realizzazione degli scavi, l'Appaltatore è tenuto alla predisposizione della picchettazione delle aree. I capisaldi, i picchetti o le livellette successivamente danneggiate o rimosse dovranno essere immediatamente ripristinati a cura e spese dell'Appaltatore.

Durante la verifica da parte della D.L. o del Committente dei risultati dei rilievi, l'Appaltatore è tenuto a mettere a disposizione il personale ed i mezzi necessari a sua cura e spesa.

3.3 Collaudi

A fine lavori si procederà al collaudo delle opere eseguite, con le modalità previste dai documenti contrattuali e, dove non definite, secondo le indicazioni del Collaudatore.

3.4 Oneri a carico dell'appaltatore

Si ricorda che nel prezzo degli scavi si intendono sempre compensati tutti gli oneri che l'Appaltatore può incontrare per:

- eventuale taglio di piante, estirpazione dei ceppi, radici, vegetazioni, ecc.
- paleggi ed innalzamenti, carico, trasporto a qualsiasi distanza ed il reperimento dei luoghi in cui avverrà lo scarico;
- la sistemazione e la protezione delle scarpate, per lo spianamento del fondo, ed il successivo reinterro contro le murature perimetrali;
- puntellazioni, armature, sbadacchiature di qualsiasi importanza;
- opere provvisoriale in genere;



- ogni ulteriore spesa di mano d'opera, materiali, noleggi, mezzi necessari per l'esecuzione completa degli scavi;
- predisposizione dei percorsi per l'accesso alle aree di lavoro;
- ripristino dei percorsi di cui al punto precedente;
- verifica della presenza di eventuali sottoservizi.

Si conviene inoltre che la misurazione degli scavi verrà effettuata sempre con riferimento ad un piano quotato indicato negli elaborati progettuali.

3.5 Prescrizioni di validità generale

L'Appaltatore predisporrà di sua iniziativa ogni accorgimento ed impiegare i mezzi più idonei affinché gli scavi vengano eseguiti in condizioni di assoluta sicurezza, di conseguenza l'Appaltatore è tenuto ad eseguire, con i propri criteri, e nell'osservanza delle norme eventualmente impartite dalle Autorità competenti le opere necessarie a mantenere all'asciutto gli scavi e le puntellature.

L'Appaltatore è tenuto a provvedere alla formazione di sbadacchiature ed armature necessarie per contrastare le spinte dei terreni e delle acque di falda, onde garantire la sicurezza delle persone, delle cose e dei fabbricati circostanti. L'Appaltatore deve in ogni caso adottare, di sua iniziativa ogni cautela atta a prevenire smottamenti, restando responsabile degli eventuali danni ed essendo tenuto a provvedere, a proprie spese, alla rimozione delle materie smottate ed al ripristino delle sezioni di scavo prescritte dalla D.L.

La profondità degli scavi riportata nei disegni di progetto ha valore puramente indicativo in quanto gli scavi stessi devono essere spinti fino alla profondità che la D.L. indicherà di volta in volta in relazione alle caratteristiche del terreno: l'Appaltatore è al corrente di questa esigenza di lavoro e rinuncia ad avanzare, per effetto di tale causa, richieste di compensi eccedenti quelli già previsti in contratto.

Il fondo dello scavo deve, di norma, essere adeguatamente compattato.

E' vietato all'Appaltatore, sotto pena di demolire le opere già eseguite, iniziare le opere di fondazione e murarie prima che la D.L. abbia verificato ed accettato i piani di posa delle fondazioni.

L'Appaltatore deve provvedere all'esecuzione di tutte le opere necessarie, eventualmente anche con installazioni speciali tipo "well-point" o simili per l'aggottamento e l'allontanamento delle acque di qualsiasi provenienza e di qualunque portata, allo scopo di mantenere asciutti gli scavi sia durante il periodo di esecuzione degli scavi stessi che durante la costruzione delle opere previste entro gli scavi.

Tutti i materiali di risulta devono essere trasportati alle pubbliche discariche; la D.L. ha tuttavia la facoltà di prescrivere che parte dei materiali di risulta, se riconosciuti



idonei vengano preventivamente accatastati e successivamente riutilizzati per riempimenti o riporti.

3.6 Rimozione dei materiali

Lo scavo comprenderà la rimozione e lo smaltimento di tutti i materiali che si rinvencono nello scavo stesso, compresi pietre e trovanti di qualsiasi genere e dimensione.

Le pietre, le eventuali strutture di cemento armato e i trovanti di qualsiasi volume e dimensione, che si rinvencono durante il lavoro di scavo saranno demoliti in volumi facilmente asportabili. Non è consentito l'impiego di mine.

3.7 Scavi di sbancamento

Deve essere effettuato con un margine di 1 cm in più o in meno rispetto alle misure indicate sui disegni.

Il materiale superficiale sarà sparso uniformemente e ripassato a mano con rastrello o lavorato con erpice di tipo preventivamente approvato dalla D.L. Pietre, radici, rifiuti e qualsiasi altro materiale non idoneo eventualmente rimasti sul terreno, saranno asportati completamente e condotti a discarica

Il materiale eccedente dalla rifinitura dello sbancamento dovrà essere trasportato alle pubbliche discariche o in altre aree secondo le indicazioni di D.L.

E' richiesta la rullatura mediante rulli statici o a piede di montone delle aree scavate fino a raggiungere la compattezza necessaria.

Nelle aree sede di rinterri o rilevati non portanti il piano i posa sarà compattato fino ad un addensamento pari ad almeno il 95% secondo il metodo AASHO o AASHTO modificato.



4 STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO

4.1 Conglomerati cementizi semplici e armati

4.1.1 Produzione

L'approvvigionamento di conglomerato cementizio può avvenire sia da impianti di betonaggio esterni all'area di cantiere sia da impianti ubicati all'interno secondo le prescrizioni di seguito riportate.

La necessità di eseguire le prove di prequalifica e qualifica, il tipo delle prove, la loro frequenza in corso d'opera ed il luogo di esecuzione, sono funzione dell'affidabilità e quindi del livello tecnico dell'impianto di betonaggio e tecnologico raggiunto dal Produttore.

4.1.2 Laboratorio

Le prove di laboratorio sono eseguite da laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

L'impianto di betonaggio, ovunque sia ubicato, dovrà essere dotato di un laboratorio interno o esterno, munito almeno delle seguenti attrezzature:

- termometri di ambiente (min. e max.) e per il calcestruzzo;
- forno per l'essiccazione dei campioni di aggregato;
- serie completa di setacci UNI comprensivi di quelli necessari alla determinazione del modulo di finezza;
- bilancia di precisione;
- attrezzatura per la determinazione dell'equivalente in sabbia e del valore di blu;
- cilindri graduati di varia capacità;
- contenitori rigidi per la determinazione della densità del calcestruzzo fresco, secondo quanto previsto dalla norma UNI 6394 parte 1;
- coni di Abrams;
- porosimetro;
- betoniera (mescolatore) da laboratorio per calcestruzzo;
- adeguato numero di cubiere conformi alla norma UNI EN 12390-1, prodotte da aziende con Sistema di Qualità Certificato. Qualora il rilascio del marchio CE non sia possibile, è necessario che il produttore del conglomerato cementizio rilasci una autocertificazione basata su



controlli di produzione per lotti, secondo quanto previsto dalla UNI CEI 45014;

- vasca/ambiente di maturazione in grado di assicurare permanentemente una temperatura compresa tra i 18÷22°C ed una umidità relativa del 95%;
- bilancia con portata compresa tra 20 e 50 Kg;
- pressa per le prove di compressione di classe 1 (min. 200 t) conforme alla UNI EN 12390-4.

Qualora la fornitura di conglomerato cementizio provenga da impianti esterni al cantiere, l'Appaltatore deve comunque garantire la presenza di un idoneo locale in cantiere ove sia garantita permanentemente una temperatura compresa tra 18÷22°C. Il suddetto locale deve essere dotato, oltre che dei normali banchi di lavoro, anche delle seguenti attrezzature:

- una bilancia da 50 Kg – sensibilità minima 5 grammi;
- una bilancia da 20 Kg – sensibilità minima 1 grammo;
- due coni di Abrams completi;
- una o più vasche, munite di termostato, per la maturazione in sito dei provini;
- un numero di cubiere sufficienti per realizzare i prelievi di calcestruzzo fresco;
- contenitori rigidi per la determinazione della densità del calcestruzzo fresco, secondo quanto
- previsto dalla norma UNI 6394 parte 1;
- bottiglie di alcool denaturato;
- cinque cilindri graduati di diversa capacità;
- attrezzatura varia come sessole, fratazzi, contenitori di alluminio tipo "teglie", spatole, ecc.

Nel caso in cui si utilizzi calcestruzzo autocompattante (SCC), il locale deve essere dotato anche di relative attrezzature di verifica.

La gestione tecnologica del laboratorio deve essere affidata a personale qualificato di provata esperienza.

4.1.3 Classificazione delle unità produttive

Nella classificazione delle unità produttive, deve essere dato particolare rilievo alla struttura del Sistema Qualità del produttore.



Qualora il Sistema sia strutturato secondo UNI EN ISO 9000 e certificato da Istituto di Certificazione accreditato, non è necessario eseguire le prove di prequalifica e qualifica; sono di conseguenza ridotti i controlli previsti in corso d'opera, purché siano presenti le condizioni previste per gli impianti di betonaggio di classe A.

Il Sistema di controllo della produzione, deve dare evidenza oggettiva che il processo di produzione del calcestruzzo è industrializzato.

In particolare devono essere documentati:

- l'organizzazione del produttore del conglomerato cementizio;
- le caratteristiche dell'impianto di betonaggio e dei depositi delle materie prime (relativamente al sistema informatico adottato per la gestione dei carichi negli impianti automatizzati, la Direzione Lavori si riserva il diritto di verificare se esista la possibilità di alterare i dati di ciclo e di richiedere agli Istituti di Certificazione la certificazione dell'inaccessibilità al software per la parte relativa al trattamento di tutti i dati considerati "sensibili" ai fini del rispetto della produzione delle ricette qualificate o, nel caso che questi Istituti di Certificazione non siano interessati o impossibilitati a rilasciarla, ad altri Enti di suo gradimento);
- i risultati di controlli e tarature delle apparecchiature di impianto (bilance e sistemi di dosaggio acqua e additivi);
- il processo di dosaggio, miscelazione e trasporto del calcestruzzo;
- l'elenco delle attrezzature del Laboratorio di riferimento;
- i risultati dei controlli delle attrezzature (tarature);
- le modalità di progettazione delle miscele per il calcestruzzo a prestazione;
- l'elenco delle ricette qualificate, il cui rapporto A/C deve rispettare i valori limite previsti per ogni classe di esposizione;
- i risultati delle prove di caratterizzazione delle materie prime (per gli aggregati con marcatura CE, con sistema di attestazione della marcatura CE 2+, prodotti quindi da Azienda avente il controllo del processo di produzione conforme alla norma UNI EN 12620 e certificato da Istituto notificato, sono ritenuti validi i risultati delle prove eseguite dal produttore e conseguentemente ridotti i controlli in corso d'opera);
- i risultati delle prove di caratterizzazione del calcestruzzo fresco ed indurito (correlazioni fra slump, rapporto A/C, dosaggio di cemento per metro cubo e resistenza a compressione alle varie stagionature);
- le modalità del controllo statistico applicato ad alcuni parametri che definiscono prestazioni e caratteristiche del calcestruzzo, da cui emerga



la definizione continuativa della resistenza media e dello scarto quadratico medio;

- le modalità di valutazione e gestione delle non conformità.

Tutta la documentazione sopraelencata può essere esaminata dalla Direzione Lavori che si riserva di accettare quelle soluzioni aziendali che, pur in armonia con quanto richiesto dall'Istituto di Certificazione, potrebbero risultare non condivisibili da parte di Direzione Lavori.

In questo caso, fermo restando l'accettazione da parte della Direzione Lavori della certificazione del Sistema Qualità del produttore del conglomerato cementizio, il produttore stesso deve apportare alle sue procedure operative le variazioni richieste dalla Direzione Lavori.

Il benessere della Direzione Lavori non implica comunque l'assunzione di responsabilità da parte della Direzione Lavori medesimo e, pertanto, non modifica né riduce le responsabilità dell'Appaltatore.

In base alle considerazioni di cui sopra, gli impianti di betonaggio, sono suddivisi nelle seguenti quattro classi:

Classe A

Appartengono a questa classe gli impianti di betonaggio, esterni o interni al cantiere, che producono con processo industrializzato cioè con impianti, strutture e tecniche organizzate, e applicano un Sistema di Qualità conforme alla norma UNI EN ISO 9000, certificato da Istituto accreditato.

Il controllo di qualità e le elaborazioni statistiche, parti integranti del Sistema Qualità, devono avere evidenza oggettiva nella certificazione, secondo le prescrizioni indicate nelle Linee Guida citate con particolare riferimento alla frequenza e alla tipologia dei controlli.

L'Appaltatore deve consegnare alla Direzione Lavori copia di tutta la documentazione relativa alla certificazione del Sistema di Qualità.

In particolare gli impianti di betonaggio devono disporre di apparecchiature adeguate e tarate, di personale esperto e di attrezzature di laboratorio atte a controllare, valutare ed eventualmente correggere la qualità e/o le caratteristiche del prodotto.

Devono inoltre essere in possesso di un sistema di autocontrollo valido, basato anche su carte di controllo di tipo previsionale con l'indicazione della località di approvvigionamento degli aggregati muniti del marchio CE con sistema di attestazione per la marcatura CE 2+, certificati secondo la norma UNI EN 12620.

I conglomerati cementizi provenienti da impianti in classe A non necessitano di prove di prequalifica e qualifica; durante la fornitura devono essere eseguiti i controlli



secondo quanto previsto nelle tabelle da A/1 a A/6 allegata e in tutti quei casi in cui, a insindacabile giudizio della Direzione Lavori, sorgano dei dubbi sulle loro caratteristiche e/o sulle prestazioni dei materiali.

Con impianti di questa classe è possibile produrre sia calcestruzzo a prestazione garantita che a composizione richiesta; in quest'ultimo caso dietro consenso e supervisione della Direzione Lavori.

Classe B

Appartengono a questa classe gli impianti di betonaggio interni al cantiere che producono con processo industrializzato e che non possiedono le caratteristiche degli impianti di classe A. Per i conglomerati cementizi provenienti da impianti in classe B sono obbligatorie le prove di prequalifica e qualifica. Prima e durante la fornitura devono essere eseguiti controlli secondo quanto previsto nelle tabelle da A/1 a A/6 allegata e in tutti quei casi in cui, a insindacabile giudizio della Direzione Lavori, sorgano dei dubbi sulle loro caratteristiche e/o sulle prestazioni dei materiali.

Tali impianti devono essere automatizzati e rispettare comunque le indicazioni riportate nelle Linee Guida allegata.

Con impianti di questa classe è possibile produrre sia calcestruzzo a prestazione garantita che a composizione richiesta; in quest'ultimo caso dietro consenso e supervisione della Direzione Lavori.

Classe C

Appartengono a questa classe gli impianti di betonaggio automatizzati non assoggettati a regime di Sistema di Qualità certificato e che producono conglomerato cementizio confezionato con processo non industrializzato.

Per i conglomerati cementizi provenienti da impianti in classe C sono obbligatorie le prove di prequalifica e qualifica. Prima e durante la fornitura devono essere eseguiti i controlli secondo quanto previsto nelle tabelle da A/1 a A/6 allegata e in tutti quei casi in cui, a insindacabile giudizio della

Direzione Lavori, sorgano dei dubbi sulle loro caratteristiche e/o sulle prestazioni dei materiali. Questi Impianti devono essere automatizzati e rispettare comunque le indicazioni riportate sulle Linee Guida allegata.

Salvo deroghe concesse dalla Direzione Lavori, con impianti di questa classe non può essere prodotto calcestruzzo a prestazione con resistenza caratteristica superiore a 37 N/mm², né calcestruzzo a composizione.

Classe D

Appartengono a questa classe gli impianti di betonaggio a gestione manuale o automatizzata per produzione di calcestruzzi con processo non industrializzato.



Per i conglomerati cementizi provenienti da impianti in classe D sono obbligatorie le prove di prequalifica e qualifica. Prima e durante la fornitura devono essere eseguiti i controlli secondo quanto previsto nelle tabelle da A/1 a A/6 allegate e in tutti quei casi in cui, a insindacabile giudizio della Direzione Lavori, sorgano dei dubbi sulle loro caratteristiche e/o sulle prestazioni dei materiali.

Salvo deroghe concesse da Direzione Lavori, con questi impianti non può essere prodotto calcestruzzo a prestazione con resistenza caratteristiche superiore a 25 N/mm², né calcestruzzo a composizione.

4.1.4 Caratteristiche dei componenti

L'Appaltatore deve accertarsi preventivamente che materiali aventi le caratteristiche richieste siano disponibili in quantità sufficiente a coprire l'intero prevedibile fabbisogno per l'esecuzione delle diverse opere. Le prove dovranno essere ripetute ogni qualvolta si rilevi che possano essersi verificate variazioni delle caratteristiche dei materiali o quando si debbano utilizzare, anche per brevi periodi, materiali alternativi. Relativamente al dosaggio dei singoli componenti, non saranno accettate per il cemento, per i singoli aggregati e per l'acqua, discordanze maggiori del $\pm 2\%$ rispetto al peso teorico previsto dalla ricetta, fermo restando l'accettazione del $\pm 3\%$ sul totale dei componenti.

Cemento - Il cemento deve possedere le caratteristiche di cui alla tabella A/2 allegata ed essere in possesso dell'attestato di conformità alla norma UNI EN 197-1 (marcatura CE). Non è consentito mescolare fra loro cementi di diverso tipo, classe e provenienza; per ciascuna opera deve essere impiegato un unico tipo di cemento (tipo, classe, produttore e stabilimento di produzione).

Aggregati - Gli aggregati devono possedere le caratteristiche di cui alla tabella A/3 allegata, devono essere conformi alla norma UNI EN 12620 ed essere in possesso dell'attestato di conformità (marchio CE), sistema di attestazione 2+.

La dimensione massima degli aggregati, determinata su vagli a maglia quadra, deve essere la maggiore possibile in relazione alle caratteristiche del getto e comunque non deve superare il 70% della distanza minima tra i ferri di armatura, non deve superare 1/5 della dimensione minima delle sezioni di getto e non deve superare normalmente i 31,5 mm. Gli aggregati devono essere suddivisi in un numero di classi (almeno 3) e il loro assortimento dovrà garantire costantemente il rispetto della curva granulometrica progettata. Per motivi di aderenza e di protezione delle armature, può rendersi necessario tenere conto della relazione tra diametro massimo nominale dell'aggregato e lo spessore minimo del copriferro, come indicato nella norma UNI 8981-5 e nell'Eurocodice 2.

Il contenuto di materiale passante al setaccio di luce 0,25 mm, in funzione della dimensione massima nominale dell'aggregato, non deve risultare minore, incluso il cemento, di quanto indicato nella seguente in tabella:



Dimensione massima degli aggregati (mm)	Contenuto minimo di fini (compreso cemento) Kg/mc
8	525
16	450
32	400
≥ 50	350

Le singole classi non devono contenere sottoclassi (frazioni granulometriche che appartengono alle classi inferiori) in misura superiore al 15% e sopraclassi (frazioni granulometriche che appartengono alle classi superiori) in misura superiore al 10% della classe stessa.

Gli aggregati per il conglomerato ad alta densità devono essere a base di ematite e barite. Qualora si renda necessario, per tali aggregati, l'immagazzinamento per un periodo superiore a due settimane, essi devono essere protetti con idonea copertura.

Acqua - L'acqua deve possedere le caratteristiche di cui alla tabella A/4 allegata.

Additivi - L'uso di eventuali additivi, diversi dell'additivo superfluidificante o acrilico, deve essere preventivamente autorizzato dalla Direzione Lavori. L'Appaltatore, prima del loro impiego, deve presentare alla Direzione Lavori uno studio da cui risulti il tipo di additivo da impiegare e le sue caratteristiche chimico-fisico, nonché le "spettrografia dell'analisi a raggi infrarossi" che attesti la totale corrispondenza del prodotto alle specifiche dichiarate in fase di adozione dell'additivo medesimo nel progetto della miscela. Gli additivi, le cui caratteristiche devono rispettare quanto previsto nella tabella A/5, devono essere in possesso di marcatura CE, e certificati secondo la norma UNI EN 934-2. Le modalità d'impiego devono essere conformi alle prescrizioni della ditta produttrice dell'additivo.

4.1.5 Caratteristiche del conglomerato cementizio

I vari tipi di conglomerato ammessi devono avere le caratteristiche riportate nella tabella A/1 allegata. Si intende per conglomerato omogeneo un calcestruzzo realizzato con gli stessi materiali componenti e con una stessa resistenza caratteristica

Studi di prequalifica

L'Appaltatore, prima di procedere all'esecuzione delle opere in conglomerato cementizio, deve effettuare uno studio per definire in dettaglio i materiali da impiegare, la composizione e le modalità di confezionamento atte a realizzare i vari tipi di conglomerato richiesti; il rapporto acqua/cemento non deve comunque



superare 0,60 ad eccezione dei conglomerati cementizi aventi Rck inferiore o uguale a 15 N/mm².

L'Appaltatore, dopo aver verificato positivamente le caratteristiche delle materie prime, deve provvedere alla realizzazione delle diverse ricette, attraverso uno studio teorico (mix design) al fine di individuare i quantitativi dei vari componenti che devono comporre le varie miscele e il loro migliore assortimento anche in relazione alla classe d'esposizione ambientale.

Gli impasti da progettare e sottoporre a sperimentazione di prequalifica, per cementi di ogni tipo e classe, sono:

- Kg/m³ di cemento 270/360/450 - D max 31,5 consistenza S4 con additivo;
- Kg/m³ di cemento 270/360/450 - D max <20 consistenza S4 con additivo;
- Kg/m³ di cemento 260/350/440 - D max 31,5 consistenza S4 con additivo e kg 50 di cenere volante, qualora la Direzione Lavori ne preveda o ne autorizzi l'uso.

Per ogni impasto devono essere confezionati 10 provini che, in coppia, dovranno essere sottoposti alla prova di compressione a 1, 3, 7, 14 e 28 giorni.

Durante l'esecuzione delle miscele di prova, devono essere eseguite, al fine di valutare comportamenti e prestazioni, una serie di controlli atti a determinare anche:

- - il quantitativo d'acqua efficace necessario al raggiungimento, per ogni impasto, di slump di 30÷50 mm;
- - il quantitativo di additivo necessario per avere lo stesso calcestruzzo in classe S3, S4, S5.

Le prove di prequalifica per il confezionamento degli impasti di calcestruzzo, devono essere eseguite 3 volte con valutazione del quantitativo d'acqua e di additivo da utilizzare, in modo da rendere disponibili tutti i dati necessari per ottenere le correlazioni necessarie alla progettazione di tutte le miscele.

Tali prove possono essere eseguite anche nella stessa giornata, utilizzando le stesse partite di materiali sottoposte a campionamento.

La Direzione Lavori può richiedere prove integrative, o per realizzare conglomerati cementizi con Rck maggiori, o per verificare eventuali prescrizioni aggiuntive.

Prove di qualifica

Dopo aver prequalificato le miscele, l'Appaltatore deve effettuare, per ognuno dei conglomerati cementizi omogenei utilizzati nell'opera, la relativa qualifica.

A tal fine l'Appaltatore deve eseguire almeno 9 impasti di prova per ognuna delle miscele da qualificare, da cui prelevare altrettante serie di 6 provini su coppie per



eseguire le prove di resistenza a compressione a 7 e 28 giorni; i 2 provini residui devono essere custoditi come riserva.

Per le prime 9 serie di provini di ogni classe di calcestruzzo da sottoporre a qualifica, deve essere considerata in fase di progettazione, una resistenza media superiore di 8 N/mm² a quella caratteristica richiesta.

A tale valore convenzionalmente si possono far corrispondere il coefficiente $K=2$ e uno scarto quadratico medio di 4 N/mm².

Dopo 9 controlli positivi su ogni tipo di conglomerato testato, se del caso, devono essere apportati, con l'aiuto delle correlazioni ricavate in prequalifica, i necessari aggiustamenti alle miscele che si intenderanno di conseguenza qualificate.

Ogni miscela deve risultare univocamente identificabile anche a posteriori; a tale scopo, tutte le miscele qualificate devono essere opportunamente codificate attraverso le seguenti informazioni:

- data di emissione;
- impianto/i di betonaggio;
- codici e provenienza delle materie prime utilizzate;
- quantità delle materie prime da utilizzare per il confezionamento di un metro cubo di calcestruzzo con diversi dosaggi di cemento per metro cubo;

In caso di variazione dei parametri suddetti, l'Appaltatore deve procedere alla ripetizione delle prove di prequalifica e qualifica delle miscele.

4.1.6 Prove in corso d'opera

I campioni per l'esecuzione delle prove in corso d'opera devono essere prelevati in contraddittorio con la Direzione Lavori.

Qualora non prescritto diversamente dalla Direzione Lavori, il prelievo dei campioni del conglomerato cementizio deve essere effettuato all'atto della messa in opera.

I valori di resistenza riscontrati, se numericamente ≥ 15 , devono essere elaborati statisticamente utilizzando per l'elaborazione sempre gli ultimi 15 valori ricavati dalla rottura a compressione dei provini dopo 28 giorni di stagionatura. Il coefficiente di variazione percentuale "v" non deve superare il 15%; nel caso in cui il suddetto limite venisse superato, devono essere ripetute le prove di prequalifica e qualifica.

L'Appaltatore deve effettuare, tutte le prove prescritte dalle leggi vigenti. La documentazione originale delle prove eseguite deve essere consegnata alla Direzione Lavori. Eventuali prove aggiuntive previste dall'Appaltatore nell'ambito delle proprie responsabilità per garantire la costanza di qualità del conglomerato cementizio, ivi



compreso l'approvvigionamento dei componenti, devono essere rese disponibili su richiesta della Direzione Lavori.

Le prove prescritte devono essere effettuate per ogni tipo di conglomerato da utilizzare per l'esecuzione delle opere nell'ambito di ogni tipo e classe, per ogni miscela omogenea. Si intendono omogenei quei calcestruzzi confezionati con le stesse materie prime o materie prime similari confezionati con lo stesso rapporto acqua/cemento e in grado di garantire la stessa resistenza caratteristica.

Per quanto attiene le prove di resistenza a compressione, al fine di garantire l'univoca corrispondenza fra le opere e/o parti di esse ed i relativi prelievi di controllo, l'Appaltatore deve:

- presentare alla Direzione Lavori, con almeno tre giorni di anticipo, il programma settimanale dei getti e dei relativi prelievi di controllo, redatto secondo il fac-simile A/7 allegato, nonché, entro tre giorni, il consuntivo settimanale dei getti effettuati e dei relativi prelievi di controllo eseguiti, redatto secondo il fac-simile A/8 allegato; entrambi gli elaborati devono essere corredati da disegni e/o schizzi, se necessario anche assonometrici o prospettici, tali da correlare chiaramente le singole prove alle parti di opera cui si riferiscono;
- inviare mensilmente alla Direzione Lavori:
 - i risultati dei controlli di accettazione dei vari "lotti" di getto (ai sensi della legge 1086/71), redatti secondo i due fac-simile A/9 e A/10 allegati;
 - copia dei certificati ufficiali delle prove relative ai suddetti controlli di accettazione.

Nel caso in cui durante i controlli di accettazione sia riscontrato un valore inferiore alla Rck prescritta, deve essere:

- effettuata una verifica sui processi di approvvigionamento delle materie prime, di produzione e di trasporto del calcestruzzo;
- individuata l'opera o parti di essa interessata dal getto;
- verificata la sicurezza della struttura dell'opera, sulla base della resistenza ridotta;
- eseguita una serie di prove complementari, se ritenute necessarie dalla Direzione Lavori (carotaggi, ultrasuoni, pull-out, sclerometro, ecc.).

4.1.7 Sistema di trasporto a piè d'opera del conglomerato cementizio

Il sistema deve essere predisposto, strutturato, articolato e gestito in modo tale da conservare inalterate le caratteristiche del conglomerato cementizio, fino allo scarico a piè d'opera. Il trasporto del conglomerato cementizio dal luogo del



confezionamento a quello di impiego deve avvenire utilizzando mezzi ed attrezzature idonee per evitare la segregazione dei vari componenti l'impasto o il deterioramento dell'impasto stesso.

Le autobetoniere devono mantenere sempre in movimento la botte dal momento del carico fino alla fine dello scarico e devono essere esaminate periodicamente (ogni 4.000 mc o almeno una volta al mese) per verificare la diminuzione dell'efficacia dovuta sia ad accumulo di conglomerato cementizio indurito o legante che all'usura delle lame.

4.1.8 Posa in opera

Sarà eseguita con ogni cura e regola d'arte, dopo aver preparato accuratamente e rettificati i piani di posa, le casseforme, i cavi da riempire e dopo aver posizionato le armature metalliche. Nel caso di getti contro terra, roccia, ecc., si deve controllare che la pulizia del sottofondo sia eseguita in conformità alle disposizioni di progetto e di capitolato.

I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto ed alle prescrizioni della Direzione Lavori. Si avrà cura che in nessun caso si verificino cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento.

I getti potranno essere iniziati solo dopo la verifica degli scavi, delle casseforme e delle armature metalliche da parte della Direzione Lavori.

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 tener registrati giornalmente i minimi di temperatura desunti da un apposito termometro esposto nello stesso cantiere di lavoro. Il calcestruzzo 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.

Le eventuali irregolarità o sbavature dovranno essere asportate e i punti incidentalmente difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta fine di cemento immediatamente dopo il disarmo; ciò qualora tali difetti o irregolarità siano contenuti nei limiti che la Direzione Lavori, a suo esclusivo giudizio, riterrà tollerabili, fermo restando in ogni caso che le suddette operazioni ricadranno esclusivamente e totalmente a carico dell'Impresa.

Eventuali ferri (filo, chiodi, reggette) che, con funzione di legatura di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere dai getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 0,5 cm sotto la superficie finita, e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento; queste prestazioni non saranno in nessun caso oggetto di compensi a parte.

Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione. A questo scopo il conglomerato dovrà



cadere verticalmente al centro della cassaforma e sarà steso in strati orizzontali di spessore limitato e comunque non superiore a 50 cm ottenuti dopo la vibrazione.

Gli apparecchi, i tempi e le modalità per la vibrazione saranno quelli preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

E' vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo con l'impiego del vibratore. Tra le successive riprese di getto non dovranno aversi distacchi o discontinuità o differenze d'aspetto, e la ripresa potrà effettuarsi solo dopo che la superficie del getto precedente sia stata accuratamente pulita, lavata e spazzolata.

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; per questo titolo l'Impresa non potrà avanzare richiesta alcuna di maggiori compensi e ciò neppure nel caso che, in dipendenza di questa prescrizione, il lavoro debba essere condotto a turni ed anche in giornate festive. Quando il calcestruzzo fosse gettato in presenza d'acqua, si dovranno adottare gli accorgimenti necessari per impedire che l'acqua lo dilavi e ne pregiudichi il normale consolidamento. L'onere di tali accorgimenti è a carico dell'Impresa.

4.1.9 Stagionatura e disarmo

A posa ultimata sarà curata la stagionatura dei getti in modo da evitare un rapido prosciugamento delle superfici dei medesimi, usando tutte le cautele ed impiegando i mezzi più idonei allo scopo. Il sistema proposto dall'Impresa dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori.

Durante il periodo della stagionatura i getti dovranno essere riparati da possibilità di urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere. Prima del disarmo, tutte le superfici non protette del getto dovranno essere mantenute umide con continua bagnatura e con altri idonei accorgimenti per almeno 7 giorni, o comunque per un tempo ritenuto congruo da concordare con la Direzione Lavori.

La rimozione delle armature di sostegno dei getti potrà essere effettuata quando siano state sicuramente raggiunte le prescritte resistenze. In assenza di specifici accertamenti, l'Impresa dovrà attenersi a quanto stabilito dalle Norme Tecniche previste dal D.M. 14 febbraio 1992. Subito dopo il disarmo si dovranno mantenere umide le superfici in modo da impedire l'evaporazione dell'acqua contenuta nel conglomerato, fino a che non siano trascorsi 7 giorni dal getto. Dovrà essere controllato che il disarmante impiegato non manchi o danneggi la superficie del conglomerato. A tale scopo saranno usati prodotti efficaci per la loro azione chimica, escludendo i lubrificanti di varia natura.

4.1.10 Giunti di discontinuità ed opere accessorie nelle strutture in conglomerato cementizio

E' 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 ed 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 .

I giunti 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 in faccia vista secondo le linee rette continue o spezzate.

La larghezza e la conformazione dei giunti saranno stabilite dalla Direzione dei Lavori. 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 classi 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 al presente 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 butadiene), a struttura paraffinica (bitile), a struttura complessa (silicone poliuretano, poliossipropilene, poliossicloropropilene), da elastomeri etilenici cosiddetti protetti (neoprene) o da cloruro di polivinile. In luogo dei manufatti predetti, può essere previsto l'impiego di sigillanti. I sigillanti possono essere costituiti da sostanze oleoresinose, 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.

E' tassativamente proibita l'esecuzione di giunti obliqui formanti angolo diedro acuto. 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 di manufatti contro terra si dovrà prevedere in numero sufficiente ed in posizione opportuna l'esecuzione di appositi fori per l'evacuazione delle acque di infiltrazione. 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.

4.2 Additivi per impasti cementizi

Per facilitare la lavorabilità e la compattezza del calcestruzzo è consentito l'uso di additivi ad esclusivo carico dell'Appaltatore e previa accettazione della Direzione Lavori.

L'uso di eventuali additivi, diversi dell'additivo superfluidificante o acrilico, deve essere preventivamente autorizzato dalla Direzione Lavori. L'Appaltatore, prima del loro impiego, deve presentare alla D.L. uno studio da cui risulti il tipo di additivo da impiegare e le sue caratteristiche chimico-fisico, nonché le "spettrografia dell'analisi a raggi infrarossi" che attestino la totale corrispondenza del prodotto alle specifiche dichiarate in fase di adozione dell'additivo medesimo nel progetto della miscela.

Gli additivi per impasti cementizi si intendono classificati come segue:

- a) – fluidificanti;
- b) – aeranti;
- c) – ritardanti;
- d) – acceleranti;
- e) – fluidificanti-aeranti;
- f) – espansivi;
- g) – fluidificanti-ritardanti;
- h) – fluidificanti-acceleranti;
- i) – antigelo-superfluidificanti
- j) – inibitori di corrosione migratori e di contatto con protezione catodica ed anodica.

Per le modalità di controllo ed accettazione il Direttore dei Lavori potrà far eseguire prove o accettare l'attestazione di conformità alle norme vigenti.

Gli additivi devono possedere le seguenti caratteristiche:

- a) – essere opportunamente dosati rispetto alla massa del cemento;
- b) – non contenere componenti dannosi alla durabilità del calcestruzzo;
- c) – proteggere dalla corrosione i ferri d'armatura;
- d) – interagire sul ritiro o sull'espansione del calcestruzzo, in tal caso si dovrà procedere alla determinazione della stabilità dimensionale.



4.2.1 Additivi acceleranti

Il dosaggio degli additivi acceleranti dovrà essere contenuto tra 0,5 e 2% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento, in caso di prodotti che non contengono cloruri. Tali valori possono essere incrementati fino al 4%. Per evitare concentrazioni del prodotto prima dell'uso, esso dovrà essere opportunamente diluito.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima dell'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo secondo le norme previste dal D.M. 14 gennaio 2008 e norme UNI vigenti;
- determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma UNI 7123.

In generale per quanto non specificato si rimanda alla norma UNI EN 934-2.

4.2.2 Additivi ritardanti

Gli additivi ritardanti sono da utilizzarsi per il trasporto del calcestruzzo in betoniera al fine di ritardarne l'indurimento.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima dell'impiego, mediante:

- a) l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo secondo previste dal D.M. 14 gennaio 2008 e norme UNI
- b) determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma UNI 7123.

Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura di 28 giorni, la presenza dell'additivo non deve comportare diminuzione della resistenza del calcestruzzo. In generale per quanto non specificato si rimanda alla UNI EN 934-2.

4.2.3 Additivi antigelo

Gli additivi antigelo sono da utilizzarsi nel caso di getto di calcestruzzo effettuato in periodo freddo, previa autorizzazione della direzione dei lavori.

Il dosaggio degli additivi antigelo dovrà essere contenuto tra 0,5 e 2% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento che dovrà essere del tipo ad alta resistenza e in dosaggio superiore rispetto alla norma. Per evitare concentrazioni del prodotto prima dell'uso, esso dovrà essere opportunamente miscelato al fine di favorire la solubilità a basse temperature.



In generale per quanto non specificato si rimanda alle seguenti norme UNI 7109, UNI 7120 e UNI 7123.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, mediante l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo secondo previste dal D.M. 14 gennaio 2008.

Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura di 28 giorni, la presenza dell'additivo non deve comportare diminuzione della resistenza del calcestruzzo.

4.2.4 Additivi fluidificanti e superfluidificanti

Gli additivi fluidificanti sono da utilizzarsi per aumentare la fluidità degli impasti, mantenendo costante il rapporto acqua/cemento e la resistenza del calcestruzzo, previa autorizzazione della direzione dei lavori.

Il dosaggio degli additivi fluidificanti dovrà essere contenuto tra 0,2 e 0,3% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento. Gli additivi superfluidificanti vengono aggiunti in quantità superiori al 2% rispetto al peso del cemento.

In generale per quanto non specificato si rimanda alla norma UNI EN 934-2.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, con riferimento alle norme – UNI 8020 e UNI 7122 e al D.M. 14 gennaio 2008.

4.2.5 Additivi aeranti

Gli additivi aeranti sono da utilizzarsi per migliorare la resistenza del calcestruzzo ai cicli di gelo e disgelo, previa autorizzazione della direzione dei lavori. La quantità dell'aerante deve essere compresa tra 0,005 e 0,05% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, con riferimento alle norme: UNI 6395, UNI 7087, UNI 7122 e al D.M. 14 gennaio 2008.

Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura del calcestruzzo e non prima di 28 giorni.

4.2.6 Agenti espansivi

Gli agenti espansivi sono da utilizzarsi per aumentare il volume del calcestruzzo sia in fase plastica che indurito, previa autorizzazione della direzione dei lavori. La quantità dell'aerante deve essere compresa tra 7 e 10% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento.

In generale per quanto non specificato si rimanda alle seguenti norme: UNI 8146, UNI 8147, UNI 8148, UNI 8149, UNI 7123.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego con riferimento al D.M. 14 gennaio 2008.



Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura del calcestruzzo e non prima di 28 giorni.

4.2.7 Additivi inibitori di corrosione migratorio e di contatto per calcestruzzi armati con protezione catodica ed anodica

Devono essere additivi liquidi ad elevatissima concentrazione da aggiungere all'atto del confezionamento dei calcestruzzi per la miglior protezione delle barre d'acciaio dell'armatura; devono essere attivi sia per l'inibizione a contatto nell'interfaccia che attraverso la migrazione attraverso la porosità del calcestruzzo di particolari molecole le quali, raggiungendo le armature interne di strutture preesistenti, ionizzano e consentono protezione catodica ed anodica. Tali additivi devono prolungare la vita delle strutture in calcestruzzo armato soggette a diverse aggressioni ambientali (ossigeno, umidità, sali cloruri decongelanti o di origine marina, etc.).

Il dosaggio dovrà essere contenuto tra 0,8 e 3,8 Kg per m³ di impasto a seconda del mix design e della esposizione ambientale.

Aspetto: liquido chiaro PH: 10-11

La direzione dei lavori dovrà verificare la efficacia di tali inibitori sia stata provata con i metodi di prova secondo ASTM C876-91 e ASTM G 109.

Requisiti e metodi di prova per la misura della protezione alla corrosione delle armature in acciaio rivestite da malte, betoncini e calcestruzzi per effetto di additivazione con inibitori di corrosione.

Requisiti Metodi di prova:

- k) Potenziale di corrosione (mV Cu/CuSO₄) ASTM C876-91
- l) Corrente di corrosione (μA) ASTM G 109

Metodi di prova

In generale per quanto non specificato si rimanda alle seguenti norme: UNI 7110, UNI 7112, UNI 7114, UNI 7115, UNI 7116, UNI 7117, UNI 7118, UNI EN 934, UNI 10765.

4.3 Casseforme

Per l'esecuzione di tali opere provvisorie, sia del tipo fisso che del tipo scorrevole, sia in senso verticale che in quello orizzontale, nonché per il varo di elementi strutturali prefabbricati (a mezzo di carroponte, carrelli, gru, derrik, blondin, ecc.. o con combinazione varie di questi sistemi), l'Appaltatore potrà adottare il sistema, i materiali ed i mezzi che riterrà più idonei o di sua convenienza, purché soddisfino alle condizioni di stabilità e di sicurezza, curando la perfetta riuscita dei particolari costruttivi e siano approvati dalla Direzione dei Lavori.

La superficie interna delle casseforme deve essere, di norma, opportunamente trattata o bagnata in modo tale da evitare l'assorbimento dell'acqua; inoltre essa, sia



di legno sia metallica, deve essere liscia, pulita e trattata in maniera da non provocare distacchi di conglomerato cementizio sulla superficie delle strutture durante il disarmo e non guastare l'estetica delle strutture medesime. I materiali impiegati per il trattamento delle superfici interne delle casseforme (disarmanti) devono essere conformi alla norma UNI 8866 parte I° e II°, in ogni caso, esenti da composti chimici tossici o nocivi e nella fattispecie liberi da diossine, policlorobifenili, ammine aromatiche, composti nitrosi o nitrici, da composti aromatici o policiclici aromatici tra cui il benzene (benzolo) naftaleni (naftalina) antraceni ed altresì relativi alchilati o polialchilati.

Devono essere esibiti studi di impatto tossicologico umano rilasciato da Enti di certificazione autorizzato Sincert tipo Biolab od equivalenti, comprovanti il basso tasso tossicologico del prodotto disarmante. Tali prodotti devono anche avere azione protettiva ed inibitrice della formazione di ruggine nei casseri metallici. La viscosità dinamica deve essere inferiore a 70 MPa*sec misurata a 20°C con viscosimetro Brookfield e spindle RV I° o come stabilito dal comma 4.1.2 della norma UNI 8866-1-2 sopraccitata.

Queste potranno essere metalliche o in legno, previa autorizzazione della Direzione Lavori. Non saranno ammessi per il getto apprezzabili deformazioni ed incurvamenti per insufficienza delle forme e delle armature metalliche.

4.4 Acciaio per cemento armato

4.4.1 Requisiti principali

Non si devono porre in opera armature ossidate, corrose, recanti difetti superficiali che ne riducano la resistenza, o ricoperte da sostanze che possano ridurne sensibilmente l'aderenza al conglomerato. L'acciaio deve rispondere alle vigenti norme tecniche DEL 2018. È fatto assoluto divieto di impiegare acciai non qualificati all'origine.

4.4.2 Acciaio in barre ad aderenza migliorata

Le barre di acciaio ad aderenza migliorata si differenziano dalle barre lisce per la particolarità di forma atta ad aumentare l'aderenza al conglomerato cementizio e sono caratterizzate dal diametro Φ della barra tonda equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7,85 kg/dm³.

4.4.3 Caratteristiche meccaniche e tecnologiche

Gli acciai in barre ad aderenza migliorata devono possedere le caratteristiche indicate nel seguente prospetto, valutando le tensioni di snervamento e di rottura come grandezze caratteristiche secondo quanto indicato dalle NTC 2018.

La prova di piegamento e raddrizzamento si esegue alla temperatura di 20 ± 5 °C piegando la provetta a 90°, mantenendola poi per 30 minuti in acqua bollente e



procedendo, dopo raffreddamento in aria, al parziale raddrizzamento per almeno 20°. Dopo la prova il campione non deve presentare cricche.

I limiti precedentemente definiti saranno controllati nello stabilimento di produzione e si riferiranno agli stessi campioni di cui alle prove di qualificazione (NTC 2018). In tali limiti f_y rappresenta il singolo valore di snervamento, f_{yk} il valore nominale di riferimento ed f_t il singolo valore della tensione di rottura.

4.4.4 Prova di aderenza

Le barre ed i fili trafilati ad aderenza migliorata devono superare con esito positivo le prove di aderenza secondo il metodo "Beam-test" conformemente a quanto previsto dal NTC 2018. La norma indica pure le modalità di controllo del profilo da eseguirsi in cantiere o in stabilimento.

4.4.5 Zincatura dell'acciaio per cemento armato

Laddove richiesto i ferri di armatura dovranno essere opportunamente zincati.

La zincatura dovrà essere effettuata a caldo conformemente a tutte le prescrizioni e le tolleranze delle norme UNI dedicate.

4.4.6 Prove sulle barre di armatura

Le prove e le relative modalità di esecuzione che l'Appaltatore deve effettuare per la qualificazione delle armature metalliche sono indicate nella tabella A/8 allegata. La certificazione delle caratteristiche meccaniche deve essere rilasciata dallo stabilimento di produzione secondo quanto previsto da UNI EN 10002/1[^] e UNI 10025 e consegnata dall'Appaltatore alla

Direzione Lavori preventivamente per l'accettazione. L'Appaltatore inoltre, in corso d'opera, deve eseguire le prove indicate nelle suddette tabelle, secondo le modalità e con le frequenze ivi indicate.

L'Appaltatore deve inoltre effettuare i controlli di accettazione degli acciai, secondo il fac-simile A/11 allegato.

Il prelievo dei campioni in cantiere deve essere eseguito alla presenza della Direzione Lavori.

La Direzione Lavori si riserva comunque di richiedere l'analisi chimica dei materiali.



5 PALI TRIVELLATI DI GRANDE DIAMETRO

Scavo eseguito utilizzando mezzi meccanici quali trivella, benna, etc., sotto eventuale protezione di un rivestimento, la cui base si trova sempre al di sotto del fondo dello scavo. Il rivestimento può essere infisso con aggiustamenti man mano che si procede con lo scavo. Il diametro del palo è il diametro esterno dell'estremità inferiore del rivestimento.

In corrispondenza degli interspazi tra i pali dei cavalletti, dovranno essere inseriti nel cordolo di testa tubi in PVC per consentire l'eventuale inserimento di tiranti di ancoraggio.

In corrispondenza di ciascun palo sarà posto in opera un avampozzo provvisorio di lamiera d'acciaio con funzioni di guida dell'utensile, di riferimento per la posizione piano-altimetrica della sommità del palo o di difesa dell'erosione del terreno nelle fasi di immissione e risalita dell'utensile di perforazione. La distanza minima tra gli assi di due perforazioni attigue, in corso, appena ultimate o in corso di getto, dovrà essere tale da impedire eventuali fenomeni di interazione e comunque non inferiore ai 5 diametri.

Se necessario sarà da prevedere una camicia di rivestimento provvisorio per l'intero spessore delle coltri detritiche.

1) Per ridurre al minimo la formazione di tasche laterali, il rifluimento da fondo foro e la decompressione del terreno circostante, il rivestimento deve essere più profondo del foro, tuttavia per limiti dovuti alla consistenza del terreno si ammette che:

- la base del tubo sia mantenuta leggermente al di sopra del fondo foro durante l'attraversamento di strati duri, quando non ci sia il pericolo di incontrare strati di terreno sciolto o comunque suscettibile di entrare nel foro;
- la base del rivestimento non raggiunga il fondo foro quando la punta venga scavata in uno strato duro, purché la base stessa penetri nello strato duro di una lunghezza sufficiente ad impedire la penetrazione dei materiali sciolti soprastanti. Nel tratto non rivestito il diametro nominale del palo sarà quello dell'attrezzo di scavo.

Inoltre, al termine della perforazione è opportuno che il rivestimento non sia penetrato troppo oltre il fondo del foro perché ciò sarebbe causa di un rimaneggiamento del terreno sotto la punta del palo. La lunghezza massima del tratto di maggior infissione è da definirsi tra Appaltatore e Committente per ogni singolo lavoro in funzione delle caratteristiche geotecniche del terreno e del tipo di attrezzatura di scavo utilizzata.

2) In caso di foro sotto falda con rischio di sifonamento dal fondo, devono essere prese delle precauzioni complementari: conviene allora mantenere nel foro un livello d'acqua nettamente superiore a quello della falda e ciò richiede il pompaggio nel foro di acqua con sufficiente portata.



Lo scavo viene riempito parzialmente o totalmente con un calcestruzzo di grande lavorabilità; in seguito il rivestimento viene estratto senza che il piede dello stesso si trovi a meno di 1 m al di sotto del livello del calcestruzzo, salvo a livello della quota di testa palo. Il valore di 1 m deve essere aumentato se, per la presenza di tasche formatesi durante la perforazione o di cavità naturali, ci si aspetta che il livello del calcestruzzo cali bruscamente nel sollevare il rivestimento.

5.1 Armature pali

Le armature dei pali dovranno essere realizzate in acciaio B450C controllato in stabilimento, secondo norma UNI EN 10080:2005.

Caratteristiche tecniche:

- Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} = 450 \text{ MPa}$

I pali suscettibili di essere sottoposti a sforzi di flessione, i pali inclinati ed i pali che lavorano in trazione devono essere armati sull'intera loro lunghezza. La gabbia d'armatura deve essere prevista su tutta la lunghezza del palo per mantenere la sua posizione corretta durante il getto e l'estrazione del rivestimento.

Le gabbie d'armatura dei pali sono costituite da barre longitudinali in acciaio disposte seguendo le generatrici di un cilindro attorno alle quali vengono avvolte e rigidamente fissate delle staffe circolari o a spirale. La lunghezza delle gabbie d'armatura deve consentire un collegamento corretto con la struttura conformemente ai dati di progetto. Per le armature si farà riferimento ai disegni di progetto. Il diametro esterno della gabbia deve essere al massimo uguale al diametro interno del rivestimento meno 4 cm. In caso di getto con tubo getto, esso sarà superiore di 1,25 volte il diametro esterno di detto tubo getto. La distanza minima netta tra le barre verticali dovrà essere superiore a 6.2 cm. La gabbia d'armatura è munita di un cesto sul fondo per evitarne il sollevamento durante la posa in opera del calcestruzzo o l'estrazione del rivestimento.

Nelle gabbie d'armatura a sezione circolare le barre longitudinali devono essere disposte uniformemente sul contorno anche nel caso che i momenti flettenti abbiano una direzione preferenziale; con ciò si evita che la gabbia possa essere posizionata in modo errato durante il calaggio o che cambi orientamento durante il getto o l'estrazione del rivestimento.

Nel caso di pali sollecitati a flessione, la gabbia può non avere la stessa composizione dalla testa alla punta: il numero di barre ed il loro diametro può variare lungo l'altezza in funzione delle sollecitazioni previste. Anche il passo delle staffe può essere variabile in modo da contrastare punti del palo soggetti ad elevati sforzi di taglio.

Nel tratto di sovrapposizione dei ferri longitudinali di due tronconi di gabbia, la distanza minima libera fra le coppie di barre deve essere in generale superiore a 7,5 cm. Se questa distanza non viene rispettata, si deve studiare in modo particolare la



granulometria e la lavorabilità del calcestruzzo, così come la durata del getto in modo che le barre vengano ben inglobate nel calcestruzzo malgrado la piccola distanza che le separa.

I tubi di auscultazione sonica, i tubi d'iniezione etc. devono essere fissati alle barre longitudinali in modo da non nuocere al getto.

Il cesto di cui è munita la base della gabbia deve essere fatto in modo da non intralciare il tubo di getto:

- le barre non devono occupare il centro per permettere il passaggio del tubo di getto e del calcestruzzo;
- solo alcune delle barre longitudinali devono essere ripiegate a cesto in modo che la distanza libera tra le barre rispetti il valore minimo previsto per le barre longitudinali (10 cm o meno come spiegato sopra). Oltre alla realizzazione del cesto, i mezzi per opporsi alla risalita dell'armatura sono: una diminuzione del diametro esterno della gabbia (ma ciò comporta per i pali soggetti a flessione un aumento della sezione dell'acciaio);
- un miglioramento della lavorabilità del calcestruzzo; granulometria; dosaggio del cemento; temperatura del cemento e dell'aggregato; impiego di fluidificanti, ritardanti, etc.

Quando la gabbia d'armatura di un palo è costituita da più spezzoni, questi dovranno essere assemblati prima o durante la loro discesa nel rivestimento tenendo conto del ricoprimento necessario. La saldatura e la saldatura a punti al cannello non sono ammesse. La saldatura e la saldatura a punti all'arco elettrico sono ammesse nelle condizioni previste dalle norme per il tipo di acciaio utilizzato.

La lunghezza di fornitura delle barre supera raramente i 15 m. Perciò per pali più lunghi l'armatura è divisa in tronconi che vengono assemblati in cantiere al momento del calaggio dell'armatura nel foro.

Generalmente i tronconi di armatura vengono assemblati per permetterne la movimentazione ed il getto del calcestruzzo. L'assemblaggio può essere fatto con punti di saldatura elettrica, serra-cavi, legature con filo di ferro, etc.

La trasmissione delle forze nel palo in servizio non può tuttavia essere affidata a questi mezzi provvisori, ma per classico ricoprimento delle barre longitudinali secondo le norme vigenti e cercando adeguatamente la zona di ricoprimento per contrastare gli sforzi che tendono a fare "esplodere" il calcestruzzo.

Ci sono dei casi eccezionali, soprattutto per pali soggetti a trazione, in cui il legame fra tronconi d'armatura deve resistere ad una trazione praticamente uguale a quella consentita dalla sezione dell'acciaio. Si dovrà allora prevedere una giunzione barra-barra con saldatura elettrica, manicotti, etc. e l'Appaltatore deve giustificare che il sistema da lui utilizzato resista effettivamente agli sforzi di trazione di progetto.



5.1.1 Copriferro

Il copriferro deve essere come minimo uguale a 4 cm. A tale scopo vengono previsti sull'armatura dei distanziatori.

I distanziatori che sono posti all'interno del rivestimento, al momento del getto sono mantenuti distaccati dal terreno dal rivestimento stesso che viene poi rimpiazzato dal calcestruzzo. Pertanto rischiano poco di essere corrosi e possono essere metallici.

Al contrario i distanziatori installati a livello di foro eventualmente non rivestito non devono essere metallici. Nell'uno e nell'altro caso i distanziatori sono costituiti da rotelle cilindriche, in conglomerato cementizio se devono essere non metallici, con perno in tondi no fissato ai ferri verticali contigui. I centratori devono essere posti in opera a gruppi di 3-4 regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di 3.0÷4.0 m.

5.2 Calcestruzzo pali

Si deve tener conto della variazione del tempo di presa e della perdita di resistenza del calcestruzzo dovuta all'eventuale aggressività del terreno o dell'acqua di falda (presenza di materie organiche, d'acque contenenti sali, di sostanze chimiche, di gas, etc.)

- La composizione e il dosaggio dei calcestruzzi vengono stabiliti in base al valore di resistenza fissato dai documenti di progetto.
- La scelta del legante tiene conto dei risultati dell'analisi chimica delle acque prelevate dal terreno.
- Il diametro massimo degli aggregati è di 20mm.
- La lavorabilità del calcestruzzo all'atto del getto viene misurata con un apparecchio adeguato. SLUMP pari S4 per i pali ed S3 per cordoli e solette. Il rapporto acqua/cemento deve essere inferiore a 0.5.

Dal momento che è difficile ottenere una lavorabilità sufficiente quando il dosaggio del cemento è inferiore a 400 kg/m³, l'Appaltatore dovrà provare in questo caso la composizione del calcestruzzo mediante delle prove.

L'ordine del calcestruzzo deve essere fatto specificandone il grado di lavorabilità richiesto in cantiere. Nel caso che si preveda un getto difficile si consiglia di utilizzare un ritardante.

5.2.1 Posa in opera

Nel caso fosse necessario il rivestimento, la base di questo deve trovarsi sempre al di sotto del fondo dello scavo. Durante lo scavo, il livello di terreno e d'acqua all'interno del rivestimento dovrà permettere di ottenere una sovrappressione alla base del rivestimento stesso, tenuto conto dell'aspirazione dell'utensile. Lo scavo di un palo il cui asse si trovi ad una distanza netta dal palo vicino inferiore a tre volte il suo diametro non può avere inizio prima della presa del calcestruzzo di quest'ultimo. L'inizio della presa del calcestruzzo avviene generalmente oltre le 4 ore, ma può essere posticipato



se il calcestruzzo contiene dei ritardanti di presa. Il rispetto di queste condizioni durante la perforazione è importante soprattutto in presenza di suoli sabbiosi e limosi e di falde acquifere.

Lo scavo deve essere pulito meno di 2 ore prima dell'inizio del getto, salvo precauzioni particolari contro la decantazione. In ogni cantiere deve essere definito il tempo massimo che deve trascorrere fra il termine della perforazione e l'inizio del getto, tempo che generalmente corrisponde al calo dell'armatura. Se questo tempo è superiore a 2 ore, si devono prendere delle precauzioni particolari contro la decantazione. Una precauzione classica consiste nel rimpiazzare l'acqua dei 3 metri inferiori del foro con un fango tissotropico adeguato. Questa regola vieta in particolare di perforare la sera e gettare il giorno successivo senza riprendere lo scavo.

Il livello dell'acqua nello scavo durante il getto deve essere costantemente superiore al livello statico più elevato delle falde attraversate. Nel caso particolare in cui per la presenza del rivestimento gli orizzonti acquiferi sospesi vengano isolati, si può evitare di riempire d'acqua il rivestimento, ma non si può iniziare ad estrarre lo stesso (salvo qualche decimetro per il distacco) se non quando il livello del calcestruzzo equilibri la pressione delle falde.

Se lo scavo attraversa uno strato di materiale fine immerso ricoperto da uno strato coerente, si dovrà verificare l'eventuale formazione di tasche attorno al rivestimento. A tale scopo, per i primi 3 pali del cantiere, si eseguirà un foro d'assaggio di piccolo diametro fino allo strato pericoloso.

I fori d'assaggio hanno un duplice scopo:

- individuare i franamenti osservando l'eventuale caduta dell'attrezzo;
- permettere all'acqua di fuoriuscire senza dilavare il calcestruzzo.

Perciò i fori d'assaggio devono essere eseguiti dopo la perforazione e prima del getto, in prossimità del foro (qualche decimetro).

In assenza di fori d'assaggio si produce il seguente fenomeno: al momento dell'estrazione del rivestimento riempito di calcestruzzo, quest'ultimo occupa rapidamente la tasca e mette l'acqua in pressione perché la permeabilità delle sabbie (soprattutto se fini) non è sufficientemente elevata da permettere una rapida evacuazione dell'acqua, l'acqua viene spinta dentro il rivestimento e risale sia alla periferia del calcestruzzo sia lungo le barre longitudinali.

Il risultato è che una parte del calcestruzzo viene dilavata.

Qualora il fenomeno della formazione di tasche sia stato rilevato, devono essere adottate delle precauzioni per la perforazione ed il getto dei pali successivi. L'Appaltatore definirà con la Committente il sistema più idoneo in funzione delle caratteristiche dei pali (profondità, spessore, caratteristiche geotecniche ed idrauliche dei livelli artesiani da isolare).



L'altezza minima di scapitozzatura è fissata dall'Appaltatore in modo che il calcestruzzo sano venga raggiunto alla quota teorica di scapitozzatura.

5.2.2 Getto

E' obbligatorio l'uso di un tubo di getto. Il tubo di getto è un tubo metallico costituito da più elementi e sormontato da un imbuto o da uno scivolo. Le giunzioni tra gli elementi dovranno essere ermetiche. Il diametro interno del tubo dovrà essere come minimo uguale a 15 cm.

Il tubo di getto avrà la stessa lunghezza del palo. Prima del getto, si toccherà il fondo sollevandolo poi di massimo 15 cm. Dopo l'innescò (primo apporto di calcestruzzo nella tramoggia), che dovrà essere eseguito evitando la segregazione del calcestruzzo mediante interposizione di un tappo, il fondo della colonna non dovrà mai trovarsi a meno di 2 m al di sotto del livello raggiunto dal calcestruzzo fresco nel palo.

Quando si inizia il getto mediante tubo di getto, si deve evitare:

- di versare il calcestruzzo direttamente;
- di usare un tappo di carta;
- di togliere il tappo prima che nella tramoggia si sia formata una quantità sufficiente di calcestruzzo.

Durante il getto, se il livello del calcestruzzo scende sotto la tramoggia imbuto, si deve rabboccare abbastanza lentamente da non permettere la formazione di una sacca d'aria.

L'accorciamento del tubo di getto non deve essere fatto prima di aver misurato il livello del calcestruzzo ed essersi accertati che venga garantito un margine di affondamento di almeno 2 m sotto la superficie del calcestruzzo. I tubi di getto prima dell'uso devono essere perfettamente puliti.

Per ciascun palo viene costruito un diagramma di getto, fase per fase. Se tali diagrammi di getto prevedono meno di 5 punti, si stabilirà per 1 palo su 50 (uno dei primi 10 di ogni serie di 50), un diagramma di getto di almeno 5 punti regolarmente distribuiti sulla lunghezza del palo. In caso di consumi anormali di calcestruzzo (sotto-profili od oltre 30% di ringrossi), si adotteranno delle misure particolari che saranno definite in funzione delle anomalie riscontrate.

Il diagramma di getto deve contenere indicazioni sull'abbassamento della superficie del calcestruzzo in misura dell'estrazione del rivestimento.

Per permettere la costruzione del diagramma di getto il capo palificatore deve misurare regolarmente ad ogni fase di estrazione del rivestimento:

- l'altezza della testa del rivestimento al di sopra del terreno;
- il livello del calcestruzzo rispetto alla testa del rivestimento.

Inoltre annota le quantità di calcestruzzo gettato e gli smontaggi parziali del tubo di getto.



Il diagramma di getto deve essere tracciato appena possibile; i diagrammi sono tenuti in cantiere a disposizione della Committente.

Base allargata: nei terreni sufficientemente coerenti (resistenza alla compressione semplice $>0,2$ MPa), i pali verticali possono essere dotati di una base allargata mediante alesaggio dello scavo. La sezione della base allargata non deve superare di 3 volte la sezione del palo. La base allargata ha una forma tronco-conica, la cui altezza è come minimo uguale al diametro del fusto del palo. In questo caso il rivestimento viene fermato nella parte alta del bulbo.

Tuttavia di solito è più sicuro e più vantaggioso prolungare il palo a diametro costante piuttosto che realizzare una base allargata. Infatti in caso di base allargata:

- bisogna che il terreno sia sufficientemente coerente da non aversi franamento delle pareti del foro;
- è difficile controllare tale franamento se esso si produce;
- la portata per attrito laterale diminuisce al di sopra dell'allargamento.

Pertanto, se non è accettato per iscritto dalla Committente in fase d'appalto, non sarà ammesso che in fase d'opera si adotti il suddetto artificio.



6 TIRANTI DI ANCORAGGIO

6.1 Definizione, classificazione e campi di applicazione

Nelle strutture di ancoraggio che lavorano totalmente o prevalentemente a trazione si distinguono i seguenti elementi:

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.

Armatura

È l'elemento destinato a trasmettere le sollecitazioni dalle testate al terreno o alla roccia; è costituita da trefoli.

Tratto libero

È la parte di armatura che non è solidarizzata al terreno o alla roccia, la cui lunghezza caratterizza la deformabilità dell'ancoraggio.

Fondazione (Bulbo di ancoraggio)

È il tratto di armatura che viene solidarizzato al terreno o alla roccia e trasferisce le sollecitazioni per attrito.

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 seguire 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.

6.2 Materiali ed elementi costruttivi

Gli acciai impiegati nella realizzazione dei tiranti di ancoraggio dovranno essere conformi alle norme del D.M.14/09/2005 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.

6.2.1 Trefoli tipo c.a.p.

Si utilizzeranno trefoli $\Phi 6/10$ " in acciaio liscio; le caratteristiche dei trefoli sono qui di seguito elencate:

- resistenza caratteristica a rottura $f_{ptk} \geq 1860$ MPa;
- resistenza caratteristica allo 1% di deformazione residua $f_{p(1)k} \geq 1670$ MPa;
- allungamento sotto carico massimo $(A_{gt})_k \geq 3.5$ %

6.2.2 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.14/09/2005.

6.2.3 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.

6.2.4 Miscela

Saranno usate miscele a base di cemento, aventi la seguente composizione per 1 m³ di prodotto:

- acqua: 600 kg;
- cemento: 1200 kg;
- additivi: 10-20 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 EN 206:2016.

Gli additivi non dovranno essere aeranti.

La miscela dovrà presentare i requisiti seguenti, periodicamente controllati durante le lavorazioni.



6.2.5 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.

6.3 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 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.

6.4 Perforazione

La perforazione potrà essere eseguita a rotazione o a rotopercolazione, 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'impresa 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'impresa 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 roto-percussione con martello a fondo foro si utilizzeranno compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:

- portata ≥ 10 m³/min;
- pressione ≥ 8 bar.

6.5 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, con protezione di tutto il tirante che sarà costituita da una guaina in polietilene o in 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 dovrà essere perfettamente riempita con grasso meccanico chimicamente stabile, inalterabile e non saponificabile.

6.6 Protezione anticorrosiva 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.



7 INIEZIONI PRIMARIE DI MISCELE DI CEMENTO, INERTI LEGGERI DI POMICE, ACQUA, OLTRE AD EVENTUALI ADDITIVI

7.1 Composizione e caratteristiche della miscela da iniettare

La miscela sarà realizzata con l'utilizzo di cemento ed inerte di garantita stabilità chimico fisica, leggero tipo pomice o similare, acqua ed eventuali additivi tali da garantire le seguenti caratteristiche minime:

- Elevata resistenza ai solfati
- Resistenza meccanica a 28 gg: $R_{ck} > 5 \text{ MPa}$
- Peso di volume $< 1,4 \text{ t/mc}$
- Permeabilità: 10^{-5} m/sec

Le caratteristiche di cui sopra dovranno essere comunque garantite anche nel caso di prove di laboratorio previa immersione in acqua.

La miscela deve inoltre garantire:

- l'assenza di separazione delle componenti durante tutte le fasi di lavoro,
- l'assenza di ritiro in fase di presa,
- l'indurimento non prima delle 24 ore,
- la pompabilità.

Al fine di garantire le caratteristiche di cui sopra la Ditta Appaltatrice dovrà, se necessario, utilizzare adeguati additivi nella miscela.

7.2 Materie Prime

Le materie dovranno essere rispondenti alle caratteristiche richieste e dovranno essere conformi a quanto disposto del presente c.s.a. e dalle normative vigenti in materia.

Tutte le materie utilizzate, compresa l'acqua per la miscela, dovranno essere analizzate e certificate a carico della Ditta Appaltatrice

7.3 Prove, modalità di accettazione e validazione della miscela

La miscela potrà essere prodotta direttamente in cantiere dalla Ditta Appaltatrice, con apposito impianto da approntarsi e predisporre a suo totale onere (compresi i progetti, le prove, le certificazioni e quant'altro necessario), oppure provenire da impianti esterni ed essere approvvigionata in cantiere con mezzi idonei (betoniere, ecc.).



La Ditta fornirà preliminarmente alla D.L. i risultati delle prove, a firma di un laboratorio certificato scelto dalla Ditta stessa, a comprova delle caratteristiche minime sopra indicate.

A questo punto la D.L. potrà procedere ad una serie di prove di verifica ed accettazione, che saranno condotte in base alle normative vigenti ed in base a quanto disposto dal presente c.s.a. e tutti i costi per prelievi, preparazione provini, prove, certificazioni, ecc. saranno a totale carico della Ditta Appaltatrice.

Le prove saranno effettuate in contraddittorio da un laboratorio scelto dalla Ditta ed uno scelto dalla D.L., con tutti i costi a carico della Ditta stessa.

In caso di non raggiungimento delle caratteristiche sopra indicate la Ditta dovrà apportare le modifiche necessarie, recependo le eventuali indicazioni della D.L. e dei Consulenti della stessa, onde garantire le caratteristiche minime sopra citate.

Caratteristiche differenti da quelle di cui sopra potranno essere autorizzate espressamente solo dalla D.L., per iscritto ed in situazioni motivate.

L'accettazione e la validazione delle miscele da parte della D.L., a seguito dell'iter di cui sopra, è condizione fondamentale all'avvio dei lavori.

Fino a che la Ditta non avrà prodotto una miscela rispondente alle caratteristiche richieste (rispondenza da certificare da parte della D.L. a seguito di specifiche prove di laboratorio) il cantiere per la parte relativa a scavi, perforazioni ed iniezioni non avrà inizio.

La procedura di accettazione e validazione dovrà concludersi entro 30 gg dalla data di consegna dei lavori; in caso contrario, ed in assenza di adeguate motivazioni accettate dalla stessa D.L., si procederà all'avvio dei termini per le penali sui lavori e quant'altro previsto dal presente c.s.a. per i ritardi sui termini.

7.4 Misurazioni e controllo della qualità dei materiali iniettati

Le quantità di iniezione saranno sempre misurate e verificate in contraddittorio con la D.L.

In caso di approvvigionamento della miscela dall'esterno con autobetoniere la verifica verrà effettuata durante lo scarico e dovrà risultare corrispondente a quella esposta sulla bolla di consegna.

La verifica della quantità fornita si effettuerà dividendo il peso totale del carico, accertato presso una pesa ufficiale, per la densità della miscela allo stato fresco, rilevata come media di quattro provini cubici costipati a rifiuto al momento dello scarico. Su un singolo carico è ammessa una tolleranza massima del 3%. Le tolleranze nella loro globalità dovranno tendere ad annullarsi.

Eventuali differenze di quantità fra quanto richiesto e quanto indicato nella bolla di consegna dovranno essere segnalate in cantiere durante lo scarico. Analogamente



e negli stessi termini, deve essere verificata la corrispondenza delle caratteristiche degli impasti indicate su ogni singola bolla con quanto richiesto.

Nel caso di produzione in cantiere la Ditta dovrà fornire tutte le bolle e le certificazioni degli approvvigionamenti. Dovrà essere posizionato un misuratore sulla pompa di iniezione, con strumentazione in grado di registrare tutti i parametri di funzionamento, con particolare riferimento ai volumi pompati.

In ogni caso prima di procedere alle iniezioni la Ditta farà eseguire da un proprio tecnico, in contraddittorio con la D.L. un rilievo delle zone da iniettare, con stima della volumetria dei vuoti, stima basata sulle risultanze degli scavi a cielo aperto e/o delle iniezioni finalizzate all'individuazione dei vuoti.

Tale volume costituirà sempre il riferimento per le fasi successive di lavoro.

Al termine della fase di iniezione la Ditta effettuerà, in base alle indicazioni della D.L. ed a proprio totale carico, almeno 3 perforazioni per ognuno dei tre siti di intervento al fine di verificare l'entità e la correttezza del riempimento. Tali iniezioni serviranno a controllare le quantità di iniezione e la corretta rispondenza del materiale iniettato. Infatti almeno 1 provino per ogni foro di controllo verrà inviato ad un laboratorio scelto dalla D.L. per il controllo delle caratteristiche. Il costo delle analisi resta sempre a totale carico della Ditta.