Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

PROVVEDITORATO PER LE OPERE PUBBLICHE
PIEMONTE VALLE D'AOSTA LIGURIA

COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE

PROGETTAZIONE DEFINITIVA
PER LA REALIZZAZIONE DI UN CANALE SCOLMATORE
E SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI TORRENTI SAN SIRO E MAGISTRATO
IN COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE (GE)

GE - R03: INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE DEL VERSANTE DEL TORRENTE S.SIRO
Disciplinare descrittivo tecnico prestazionale



Progettazione

D'APPOLONIA S.P.A.

BETA STUDIO S.R.L

MONTALDO ENGINEERING S.R.L

GEOTECHNICAL SERVICES S.R.L

STEGEO

Coordinatore della Progettazione
(Provveditorato per le OO.PP.)
Dr. Ing. Francesco Caldani

Responsabile del Procedimento
(Provveditorato per le OO.PP.)
Dr. Ing. Alessandro Pentimalli

INDICE

Pagina

LISTA DELLE TABELLE **VIII**
1 INTRODUZIONE **1**
2 QUALITÀ, PROVENIENZA E IMPIEGO DEI MATERIALI **1**
2.1 ACCETTAZIONE DEI MATERIALI 1
2.1.1 Conformità e Non Conformità al Capitolato Speciale 2
2.2 IMPIEGO DEI MATERIALI 2
2.2.1 Provvista dei materiali 2
2.2.2 Sostituzione dei luoghi di provenienza dei materiali previsti in contratto 3
2.2.3 Difetti di costruzione 3
2.3 DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ E MARCATURA CE 3
2.3.1 Marcatura CE - Materiali 3
2.3.2 Marcatura CE - Macchinari 3
2.4 PIANIFICAZIONE DEI LAVORI 4
2.4.1 Programma bisettimanale 4
2.4.2 Fasi vincolate 4
2.4.3 Piano di Impiego dei Macchinari 4
2.4.4 Procedure di lavoro 5
3 MOVIMENTI DI TERRA **6**
3.1 DEFINIZIONI E CLASSIFICAZIONI 6
3.2 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI 6
3.2.1 Diserbamento e scoticamento 6
3.3 SCAVI 7
3.3.1 Definizioni e generali 7
3.3.2 Modalità esecutive e oneri per l'Appaltatore 7
3.3.3 Scavi di sbancamento 9
3.3.4 Scavi di fondazione 9
3.4 RINTERRI 10
3.5 RILEVATI 11
3.5.1 Colline artificiali e tombamenti 11
3.6 INERBIMENTO 16
3.7 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI 16
3.8 CONTROLLI 18
3.8.1 Prescrizioni generali 18
3.8.2 Controlli sugli scavi 19
3.8.3 Scavi a mano o a macchina 19
3.8.4 Controlli sui rinterri 20
3.8.5 Controlli sui rilevati 21
3.8.6 Controlli su ritombamenti e colline artificiali 23
3.9 NORMATIVE RICHIAMATE NEL TESTO 23

4 OPERE DI SOSTEGNO IN TERRA RINFORZATA 24
4.1 PENDII RINFORZATI CON GEOGRIGLIE 24
4.1.1 Normative di riferimento 24
4.1.2 Modalità di esecuzione 25
4.1.3 Procedure di installazione delle geogriglie 25
4.1.4 Soggezioni ambientali 26
4.1.5 Caratteristiche prestazionali 26
4.1.6 Prove di qualificazione 27
4.1.7 Prove di accettazione 27
5 GABBIONATE 28
5.1 MATERIALI 28
5.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE 29
5.3 INDICAZIONI SULLA VITA UTILE DEI PRODOTTI E DELLE OPERE 31
5.4 CONTROLLO QUALITÀ GABBIONI 33
5.4.1 Attività preliminari e generali 33
5.4.2 Qualifica dei materiali 33
5.4.3 Materiali di risulta 36
5.4.4 Lavori in conglomerato cementizio 37
5.4.5 Rivestimenti in fascioni di frasche 37
5.4.6 Posa in opera dei gabbioni, 37
5.4.7 Posa in opera del rilevato 37
5.4.8 Opere in pietrame: controlli dei massi e loro posizionamento 40
6 CUNETTE, TUBAZIONI DI DRENAGGIO E ACCESSORI 42
6.1 CUNETTE 42
6.2 TUBAZIONI IN CALCESTRUZZO PREFABBRICATE 42
6.2.1 Generalità 42
6.2.2 Tubazioni prefabbricate 43
6.3 TUBAZIONI IN POLIETILENE ALTA DENSITA' (P.E.A.D.) 46
6.3.1 Generalità 46
6.3.2 Materiali 46
6.3.3 Classi e dimensionamento delle tubazioni 47
6.3.4 Tolleranze sulle dimensioni 48
6.3.5 Prove, collaudi e norme 48
6.3.6 Certificati di prova e di qualità 48
6.3.7 Posa in opera delle tubazioni 49
6.3.8 Sottofondi e rinfianchi 49
6.3.9 Misure e pagamento 50
6.4 MANUFATTI: CAMERETTE E CHIUSINI 50
6.4.1 Generalità 50
6.4.2 Camerette 51
6.4.3 Chiusini 51
7 OPERE A VERDE 54
7.1 PALIZZATE 54

8 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO 56
8.1 CEMENTO 56
8.2 AGGIUNTE: CENERI VOLANTI E MICROSILICE 56
8.2.1 Ceneri volanti 57
8.2.2 Microsilice (fumi di silice/silica fume) 58
8.3 AGGREGATI 59
8.4 ACQUA D'IMPASTO 59
8.5 ACCIAIO DA CEMENTO ARMATO NORMALE E DA PRECOMPRESSIONE 60
8.6 ADDITIVI 60
8.6.1 Additivi fluidificanti e superfluidificanti 61
8.6.2 Additivi aeranti 61
8.6.3 Additivi ritardanti 61
8.6.4 Disarmanti 61
8.6.5 Antievaporanti 62
8.7 CLASSI DI RESISTENZA DELLE MISCELE 62
8.8 GRANULOMETRIA DEGLI AGGREGATI 62
8.9 RAPPORTO ACQUA/CEMENTO 64
8.10 LAVORABILITÀ DELLA MISCELA 64
8.11 ACQUA ESSUDATA 66
8.12 PRESCRIZIONI PER LA DURABILITÀ DEI CALCESTRUZZI 66
8.12.1 Classi di esposizione ambientale 66
8.12.2 Requisiti minimi delle miscele in funzione del loro campo di impiego 68
8.12.3 Copriferro 70
8.12.4 Calcestruzzi resistenti ai cicli gelo - disgelo 71
8.12.5 Calcestruzzi esposti ad attacco chimico. 72
8.12.6 Attacco chimico da parte dei solfati 72
8.12.7 Reazioni alcali- aggregati 72
8.12.8 Dilavamento 75
8.12.9 Getti massivi 75
8.13 CALCESTRUZZO GETTATI IN OPERA: PRODUZIONE, TRASPORTO E POSA IN OPERA 76
8.13.1 Centrali di betonaggio ed impianti di cantiere 76
8.13.2 Cemento 77
8.13.3 Aggregati 77
8.13.4 Pesatura e miscelazione 77
8.14 TRASPORTO E SCARICO 80
8.15 GETTO E MATURAZIONE DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO 80
8.15.1 Programmazione dei getti 80
8.15.2 Operazioni di getto 81
8.15.3 Riprese di getto 82
8.15.4 Getti in clima freddo 82
8.15.5 Getti in clima caldo 83
8.16 STAGIONATURA 83

8.16.1 Accelerazione dei tempi di stagionatura 86
8.16.2 Stagionatura di getti massivi 86
8.17 CARATTERISTICHE ESTETICHE 86
8.18 RIPRISTINI E STUCCATURE 87
8.19 TOLLERANZE COSTRUTTIVE 87
8.20 PREFABBRICATI IN CALCESTRUZZO: QUALIFICA DEGLI IMPIANTI E CONFEZIONAMENTO 88
8.20.1 Controllo delle casseforme 90
8.20.2 Posizionamento delle armature 90
8.20.3 Esecuzione getto 91
8.20.4 Scassero 91
8.20.5 Identificazione e stoccaggio dei manufatti 92
8.20.6 Trasporto 92
8.20.7 Montaggio 92
8.20.8 Controlli dimensionali e strutturali dei manufatti 93
8.20.9 Controlli e documentazione 94
8.21 CALCESTRUZZI VIBRATI FIBRO-RINFORZATI 94
8.22 CALCESTRUZZI IMPREGNATI CON POLIMERI 95
8.23 CASSEFORME 95
8.23.1 Caratteristiche delle casseforme 95
8.23.2 Pulizia e trattamento 96
8.23.3 Giunti e riprese di getto 96
8.23.4 Legature delle casseforme e distanziatori delle armature 97
8.23.5 Predisposizione di fori, tracce, cavità, etc. 97
8.23.6 Disarmo 97
8.24 MAGRONI 98
8.25 ACCIAIO D'ARMATURA PER C.A. E C.A.P. 98
8.25.1 Approvvigionamento dell'acciaio in barre 98
8.25.2 Controllo del peso e della sezione 98
8.25.3 Controllo di qualità 98
8.25.4 Giunzioni e saldature 99
8.25.5 Realizzazione delle gabbie e posizionamento delle armature per c.a. 99
8.26 QUALIFICA DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO 100
8.26.1 Pre-qualifica e qualifica all'impianto 101
8.26.2 Qualifica all'impianto 102
8.26.3 Controlli in corso d'opera 105
8.27 PROVE DI CARICO 107
8.28 SPECIFICHE CONTROLLO QUALITA' 108
8.28.1 Documenti di riferimento 108
8.28.2 Controlli preliminari al getto 108
8.28.3 Controlli in fase di getto 109
8.28.4 Controlli di conformita' delle opere finite 112
8.29 CONFEZIONAMENTO CONGLOMERATO CEMENTIZIO 113

8.29.1 Campi di applicazione 113
8.29.2 Documenti di riferimento 113
8.29.3 Materiali impiegati 113
8.29.4 Controlli di prequalificazione 113
8.29.5 Qualificazione impianti e mezzi di confezionamento 116
8.29.6 Prequalifica delle tipologie di conglomerato cementizio 117
8.29.7 Controlli in corso d'opera 123
8.29.8 Controlli sul confezionamento 126
8.30 PREQUALIFICA DEI FERRI D'ARMATURA PER CALCESTRUZZO ARMATO 129
8.30.1 Documenti di riferimento 129
8.30.2 Qualificazione dei fornitori 129
8.30.3 Controlli sui materiali 129
8.30.4 Controlli in accettazione 130
8.30.5 Controlli in corso d'opera 130
8.31 MANUFATTI PREFABBRICATI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO 130
8.31.1 Campi di applicazione 130
8.31.2 Documenti di riferimento 130
8.31.3 La prequalificazione degli impianti di produzione 131
8.31.4 Controlli in corso di prefabbricazione 132
8.31.5 Controlli in corso di messa in opera 133
8.32 PREFABBRICATI IN CEMENTO ARMATO PRECOMPRESSO 133
8.32.1 Controlli sulle casseforme 133
8.32.2 Controlli sulle armature 134
8.32.3 Protezione delle armature dalle correnti vaganti 136
8.32.4 Getto del calcestruzzo 136
8.32.5 Stagionatura 136
8.32.6 Scassero 136
8.32.7 Controlli strutturali 136
8.32.8 Stoccaggio 136
8.33 PROVE PARTICOLARI SU CALCESTRUZZO 136
8.34 FORMULARIO DI VALUTAZIONE CAVE DI INERTI 138
8.35 FORMULARIO DL VALUTAZIONE IMPIANTI DI INERTI VAGLIATI E/O FRANTUMATI141
8.36 PROCEDIMENTO DI TARATURA DELLA CENTRALE DI BETONAGGIO 142
8.37 RIFERIMENTI NORMATIVI 143
9 MICROPALI 155
9.1 PROVE PRELIMINARI 156
9.2 TOLLERANZE 156
9.3 MATERIALI 156
9.3.1 Tubi in acciaio 156
9.3.2 Profilati in acciaio 156
9.3.3 Malte e miscele cementizie di iniezione 157
9.4 MODALITÀ ESECUTIVE 158
9.4.1 Micropali a iniezioni multiple selettive 158

9.4.2 Micropali a semplice cementazione 160
9.5 CONTROLLI IN FASE DI REALIZZAZIONE 161
9.6 CONTROLLI FINALI 164
9.6.1 Prove di carico 165
9.6.2 Prove di controllo sonico 167
9.6.3 Prove di ammettenza meccanica 169
10 TIRANTI DI ANCORAGGIO 170
10.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 170
10.2 ELEMENTI COSTITUTIVI DEL TIRANTE 170
10.3 PROVE TECNOLOGICHE PRELIMINARI 171
10.4 SOGGEZIONI GEOTECNICHE, IDROGEOLOGICHE E AMBIENTALI 171
10.5 MATERIALI E ELEMENTI COSTRUTTIVI 172
10.5.1 Acciai e dispositivi di bloccaggio 172
10.5.2 Barre, barre in acciai speciali 173
10.5.3 Piastre di ripartizione 173
10.5.4 Miscele di iniezione 173
10.5.5 Distanziatori, tamponi e condotti di iniezione 173
10.6 TOLLERANZE GEOMETRICHE 174
10.7 PERFORAZIONE 174
10.8 ALLESTIMENTO DEL TIRANTE 175
10.9 INIEZIONE 175
10.9.1 Cementazione di prima fase 176
10.9.2 Iniezioni selettive a pressione e volume costante 176
10.9.3 Caratteristiche degli iniettori 176
10.10 ELEMENTI DI PROTEZIONE 177
10.11 TESATURA E COLLAUDO 177
10.12 PROTEZIONI ANTICORROSIVE IN OPERA 178
11 PAVIMENTAZIONI STRADALI 179
11.1 MISTO STABILIZZATO 179
11.1.1 Descrizione 179
11.1.2 Caratteristiche dei materiali da impiegare 179
11.1.3 Studio preliminare 180
11.1.4 Modalità esecutive 180
11.2 SOTTOBASE IN MISTO CEMENTATO 181
11.2.1 Caratteristiche dei materiali da impiegare 181
11.2.2 Modalità esecutive 183
11.2.3 Requisiti di accettazione e controlli 185
11.3 PAVIMENTAZIONI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO 186
11.3.1 LEGANTI BITUMINOSI DI BASE E MODIFICATI 186
11.3.2 CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO 198
11.3.3 Conglomerati bituminosi di base, collegamento, usura confezionati con bitume "Normale", "Medium" e "Hard" 201
12 STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO 213

12.1 PIEZOMETRO ELETTRICO 213
12.1.1 Generalità 213
12.1.2 Caratteristiche della strumentazione 213
12.1.3 Preparazione del foro 214
12.1.4 Installazione 214
12.1.5 Documentazione richiesta relativa all'installazione 215
12.2 TUBO INCLINOMETRICO 215
12.2.1 Generalità 215
12.2.2 Normative e specifiche di riferimento 215
12.2.3 Caratteristiche della strumentazione 216
12.2.4 Controlli preliminari 216
12.2.5 Preparazione del foro 217
12.2.6 Installazione 217
12.2.7 Prescrizioni minime di accettazione della tubazione inclinometrica 218
12.2.8 Documentazione richiesta relativa all'installazione 219
12.3 SISTEMI DI ACQUISIZIONE DATI A DUE O PIÙ CANALI 219
12.3.1 Generalità' 219
12.3.2 Apparecchiatura a 2 canali 220
12.3.3 Apparecchiature pluricanali 221
12.3.4 Installazione 222
12.3.5 Documentazione 222
12.4 CAVI ELETTRICI DI COLLEGAMENTO 223
12.4.1 Generalità 223
12.4.2 Cavi a 6 conduttori 223
12.4.3 Cavi multipolari 223
13 NORME DI CONTABILIZZAZIONE DEI LAVORI 224
13.1 CANTIERI, ATTREZZI, SPESE ED OBBLIGHI GENERALI A CARICO DELL'APPALTATORE 224
13.2 NORME GENERALI DI CONTABILIZZAZIONE 224
13.2.1 Lavori a misura 224
13.2.2 Lavori a corpo 224
13.2.3 Lavori in economia 225
13.3 CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO 225
13.4 SCAVI E RILEVATI 226
13.4.1 Scavi 226
13.4.2 Rilevati 227
13.5 GABBIONATE 229
13.6 RACCOLTA ACQUE METEORICHE 229

LISTA DELLE TABELLE

Tabella No.	Pagina
Tabella 9.1: Frequenza dei controlli delle forniture dei materiale (numero prove ogni x m^3)	37
Tabella 9.2: Frequenza dei controlli sugli strati finiti (numero prove ogni x m^3)	40
Tabella 3.1 Classi di esposizione ambientale del calcestruzzo	66
Tabella 3.2 Correlazione tra classi di esposizione ambientale	68
Tabella 3.3 Caratteristiche dei conglomerati in funzione dell'aggressività dell'ambiente	68
Tabella 3.4 Requisiti minimi delle miscele utilizzabili	69
Tabella 3.5 Valori di copriferro minimi in funzione della Rck	70
Tabella 3.6 Valori di copriferro minimi in funzione delle classi di esposizione	70
Tabella 3.7 Aria totale nel calcestruzzo fresco	71
Tabella 3.8 Classi di esposizione ambientale - Attacco chimico	72
Tabella 3.9 Durata minima in giorni della stagionatura protetta	84
Tabella 3.10 Sviluppo della resistenza del calcestruzzo	84
Tabella 3.11 Controlli sulla Resistenza	105

PROGETTAZIONE DEFINITIVA INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO IN PROSSIMITÀ DELLA GALLERIA SCOLMATRICE DEL TORRENTE S.SIRO IN COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE
CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce il Capitolato Speciale d'Appalto delle opere relative agli interventi di stabilizzazione del volume di coltre in frana che caratterizza l'area in corrispondenza dell'imbocco della galleria scolmatrice del torrente San Siro.

2 QUALITÀ, PROVENIENZA E IMPIEGO DEI MATERIALI

I materiali (intesi come materiali, prodotti, composti, forniture, componenti, ecc.) devono corrispondere alle prescrizioni del presente Capitolato Speciale ed essere della migliore qualità: possono essere messi in opera solamente dopo l'accettazione del Direttore Lavori.

2.1 ACCETTAZIONE DEI MATERIALI

I materiali da impiegare nei lavori dovranno essere:

- prequalificati corredandoli di tutti i certificati di prove sperimentali o di dichiarazioni a cura del Produttore necessari ad attestare, prima dell'impiego, la loro conformità in termini di caratteristiche meccanico-fisico-chimiche alle prescrizioni del presente Capitolato Speciale;
- identificati riportando le loro caratteristiche nel Documento di Trasporto con cui il materiale viene consegnato in cantiere o a piè d'opera. L'Appaltatore dovrà consegnare alla Direzione Lavori una copia del DdT (Documento di Trasporto) e dell'eventuale documentazione allegata;
- certificati mediante la documentazione di attestazione rilasciata da un Ente terzo indipendente (Marcatura CE) ovvero, ove previsto, autocertificati dal Produttore. L'Appaltatore dovrà consegnare alla Direzione Lavori una copia dei certificati;
- accettati dal Direttore Lavori medianti controllo delle certificazioni cui ai punti precedenti e mediante prove sperimentali di accettazione;
- ulteriormente verificati nel caso in cui il Direttore Lavori ravvisi difformità nella fornitura dei materiali, nelle lavorazioni o nell'opera ultimata rispetto a quanto richiesto dal presente Capitolato Speciale.

Tutti gli oneri per prelievi, prove di laboratorio e certificati relativi ai punti a), b), c), d) ed e) rimangono ad esclusivo carico dell'Appaltatore mentre le prove di laboratorio e le certificazioni relative al punto d) sono a carico della Committente, permanendo – anche per quest'ultime - a carico dell'Appaltatore l'onere dei prelievi, dell'eventuale conservazione dei campioni e delle prove che diano esito negativo.

Nel caso il materiale risulti non conforme agli standard ed ai controlli previsti ai punti a), b), c) o d), lo stesso non sarà ritenuto idoneo all'impiego e dovrà essere immediatamente allontanato dal cantiere, sostituendolo con altra fornitura che corrisponda alle caratteristiche volute. Le opere già costruite utilizzando materiale non conforme dovranno essere demolite a totale cura e spese dell'Appaltatore.

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

2.1.1 Conformità e Non Conformità al Capitolato Speciale

Il presente Capitolato Speciale determina le caratteristiche dei materiali e le modalità esecutive ritenute idonee per eseguire le lavorazioni in modo conforme alle aspettative di qualità della Committente.

Il Personale della Direzione Lavori è preposto a rilevare, utilizzando un apposito modulo di "Non Conformità", gli scostamenti riscontrati nei materiali utilizzati, nelle forniture, nelle caratteristiche di una parte dell'opera o nelle sue modalità esecutive, rispetto alle prescrizioni del Progetto e del Capitolato Speciale.

Le lavorazioni oggetto di procedura di "Non Conformità" non verranno contabilizzate fino a quando il Direttore dei Lavori dichiarerà la chiusura della procedura, attestando l'intervenuta risoluzione della non conformità. Le "Non Conformità" che non troveranno risoluzione causeranno la demolizione dell'opera non conforme.

2.2 IMPIEGO DEI MATERIALI

L'Appaltatore che nel proprio interesse o di sua iniziativa abbia impiegato materiali o componenti di caratteristiche superiori a quelle prescritte nei documenti contrattuali, o eseguito una lavorazione più accurata, non ha diritto ad aumento dei prezzi e la contabilità è redatta come se i materiali avessero le caratteristiche stabilite.

Nel caso sia stato autorizzato per ragioni di necessità o convenienza da parte del Direttore dei Lavori l'impiego di materiali o componenti aventi qualche carenza nelle dimensioni, nella consistenza o nella qualità , ovvero sia stata autorizzata una lavorazione di minor pregio, viene applicata una adeguata riduzione del prezzo in sede di contabilizzazione, sempre che l'opera sia accettabile senza pregiudizio e salve le determinazioni definitive dell'organo di collaudo.

2.2.1 Provvista dei materiali

Se gli atti contrattuali non contengono specifica indicazione, l'Appaltatore è libero di scegliere il luogo ove rifornirsi dei materiali necessari alla realizzazione del lavoro, purchè essi abbiano le caratteristiche prescritte dai documenti tecnici allegati al contratto. Le eventuali modifiche di tale scelta non comportano diritto al riconoscimento di maggiori oneri, nè all'incremento dei prezzi pattuiti.

Nel prezzo dei materiali sono compresi tutti gli oneri derivanti all'Appaltatore dalla loro fornitura a piè d'opera, compresa ogni spesa per eventuali aperture di cave, estrazioni, trasporto da qualsiasi distanza e con qualsiasi mezzo, occupazioni temporanee, ripristino dei luoghi, indennizzi ed indennità a Terzi.

2.2.2 Sostituzione dei luoghi di provenienza dei materiali previsti in contratto

Qualora gli atti contrattuali prevedano il luogo di provenienza dei materiali, il Direttore dei Lavori può prescriverne uno diverso, ove ricorrano ragioni di necessità o convenienza.

Qualora i luoghi di provenienza dei materiali siano indicati negli atti contrattuali, l'Appaltatore non può cambiarli senza l'autorizzazione scritta del Direttore dei Lavori, che riporti l'espressa approvazione del responsabile unico del procedimento.

2.2.3 Difetti di costruzione

L'Appaltatore deve demolire e rifare a sue spese le lavorazioni che il Direttore Lavori accerta eseguite senza la necessaria diligenza o con materiali diversi da quelli prescritti contrattualmente o che, dopo la loro accettazione e messa in opera, abbiano rivelato difetti o inadeguatezze.

Qualora il Direttore Lavori presuma che esistano difetti di costruzione, può ordinare che le necessarie verifiche siano disposte in contraddittorio con l'Appaltatore che dovrà farsi carico di tutte le attività necessarie a consentire l'espletamento delle verifiche. Quando i vizi di costruzione siano accertati, le spese delle verifiche sono a carico dell'Appaltatore, in caso contrario l'Appaltatore ha diritto al rimborso di tali spese e di quelle sostenute per il ripristino della situazione originaria, con esclusione di qualsiasi altro indennizzo o compenso.

2.3 DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ E MARCATURA CE

I prodotti che riportano la marcatura CE – che ne attesta l'idoneità per un dato impiego previsto, secondo un insieme di prestazioni minime che si rifanno ai requisiti essenziali della Direttiva 89/106/CE - beneficiano di presunzione di rispondenza alle caratteristiche dichiarate.

2.3.1 Marcatura CE - Materiali

Tutti i materiali forniti dall'Appaltatore da impiegare nei lavori dovranno presentare – ove previsto dalla Normativa italiana vigente alla data dell'offerta - la Marcatura CE, a garanzia della conformità del prodotto a tutte le direttive e norme ad esso applicabili.

Materiali non rispondenti a tale requisito, non saranno ritenuti idonei all'impiego e dovranno essere immediatamente allontanati dal cantiere, sostituendoli con altri che corrispondano alle caratteristiche volute. L'utilizzo di un prodotto sprovvisto di Marcatura CE dovrà essere preventivamente autorizzato dal Direttore Lavori previa motivata richiesta scritta dell'Appaltatore.

2.3.2 Marcatura CE - Macchinari

Tutti i macchinari, impianti, equipaggiamenti, dispositivi, strumenti e attrezzature da impiegare nei lavori dovranno presentare la Marcatura CE, a garanzia della conformità del prodotto a tutte le direttive e norme ad esso applicabili.

Macchinari sprovvisti della Marcatura CE o immessi sul mercato prima dell'entrata in vigore della Marcatura CE non saranno ritenuti idonei all'impiego e dovranno essere immediatamente allontanati dal cantiere, sostituendoli con altri che corrispondano alle caratteristiche volute. L'utilizzo di un prodotto sprovvisto di Marcatura CE dovrà essere

preventivamente autorizzato dal Direttore Lavori previa motivata richiesta scritta dell'Appaltatore.

2.4 PIANIFICAZIONE DEI LAVORI

Ferma restando la piena autonomia dell'Appaltatore sulla conduzione del cantiere, è prevista la consegna alla Direzione Lavori dei seguenti strumenti di controllo dell'andamento dei lavori:

2.4.1 Programma bisettimanale

In aggiunta al Programma Esecutivo dei Lavori previsto dal Contratto ed alle sue periodiche revisioni, l'Appaltatore per l'intera durata del cantiere dovrà presentare settimanalmente un "Cronoprogramma Bisettimanale" sul quale sarà rappresentato un diagramma Gaant delle attività della settimana in corso e di quella successiva.

Convenzionalmente le settimane sono definite dalle ore 0,00 del lunedi alle ore 24,00 della domenica successiva.

Il cronoprogramma bisettimanale dovrà essere presentato per approvazione al Direttore Lavori almeno quattro giorni prima dell'inizio di ciascuna settimana. Ogni variazione rispetto a quanto programmato dovrà essere tempestivamente comunicata in forma scritta (tramite telefax) alla Direzione Lavori. In caso di mancata trasmissione del programma o dei cambiamenti a questo apportati, la Direzione Lavori riterrà non conformi le lavorazioni eseguite, avviando le relative procedure.

2.4.2 Fasi vincolate

Il presente Capitolato Speciale indica una serie di lavorazioni che, per la loro specificità, potranno essere effettuate solo in presenza degli Incaricati della Direzione Lavori (cosiddette "fasi vincolate").

Nel programma bisettimanale l'Appaltatore dovrà evidenziare le attività soggette a fasi vincolate in modo che la Direzione Lavori possa organizzare per tempo i propri impegni.

Le lavorazioni soggette a fase vincolata realizzate dall'Appaltatore in assenza della Direzione Lavori saranno oggetto di procedura di "Non Conformità".

Le lavorazioni non correttamente segnalate o realizzate in anticipo rispetto all'orario indicato, saranno oggetto di procedura di "Non Conformità".

2.4.3 Piano di Impiego dei Macchinari

Prima dell'inizio di ciascuna lavorazione, l'Appaltatore dovrà presentare per approvazione al Direttore Lavori il "Piano di Impiego" di tutti i macchinari, impianti, equipaggiamenti, dispositivi, strumenti e attrezzature che intende utilizzare.

Il Piano di Impiego è composto dall'elenco delle attrezzature che saranno utilizzate, corredato dai seguenti documenti (per ciascuna attrezzatura):

- Contratto di noleggio o copia conforme del libro cespiti dell'Appaltatore che ne attesti la proprietà e da cui dovrà essere individuabile il valore di ammortamento annuo ed il valore residuo dell'attrezzatura;
- Marcature CE;

- libretti di uso e manutenzione, riportanti n° di matricola e caratteristiche tecniche del macchinario;
- elaborati progettuali e relazioni di calcolo (per ponteggi, casseforme, carri varo, impianti betonaggio, …);
- attestati di revisione/verifica e certificati di taratura;
- eventuali autorizzazioni amministrative (messa in servizio, emissioni in atmosfera, scarichi idrici, …).

2.4.4 Procedure di lavoro

Prima dell'inizio di ciascuna lavorazione che sia di particolare rilevanza tecnico-economica (secondo il giudizio della Direzione Lavori) o che richieda operazioni ripetute ed il cui svolgimento temporale si sviluppi oltre due settimane (ad es. consolidamenti, avanzamenti o getti in galleria, costruzione di opere per conci, ..) l'Appaltatore dovrà presentare per approvazione al Direttore Lavori una "Procedura di Lavoro" che:

- descriva la lavorazione (anche utilizzando appositi elaborati grafici) indicando i documenti progettuali di riferimento;
- definisca il metodo di esecuzione, la sequenza delle attività da porre in opera e la fasizzazione rispetto ad altre attività dotate di Procedura di Lavoro;
- precisi la composizione della Manodopera da utilizzare dichiarando il nominativo del Responsabile o del Capo Squadra;
- precisi i materiali da utilizzare, descrivendone le caratteristiche ed allegandone le relative schede sicurezza prodotto;
- definisca i controlli da eseguire in corso d'opera;
- precisi i macchinari da utilizzare, allegandone il Piano di Impiego.

3 MOVIMENTI DI TERRA

3.1 DEFINIZIONI E CLASSIFICAZIONI

I movimenti di terra comprendono le seguenti categorie di lavoro:

- Diserbamento e scoticamento
- Scavi
- Rinterri
- Rilevati
- Ritombamenti

Nei paragrafi seguenti sono definite le prescrizioni relative a ciascuna categoria di lavoro nonché le prescrizioni ed oneri di carattere generale ed i controlli da eseguire.

3.2 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

3.2.1 Diserbamento e scoticamento

Il diserbamento consiste nella rimozione ed asportazione di erbe, radici, cespugli, piante e alberi.

Lo scoticamento consiste nella rimozione ed asportazione del terreno vegetale, di qualsiasi consistenza e con qualunque contenuto d'acqua.

Nella esecuzione dei lavori l'Appaltatore dovrà attenersi a quanto segue:

a) Il diserbamento e lo scoticamento del terreno dovranno sempre essere eseguiti prima di effettuare qualsiasi lavoro di scavo o formazione di rilevato secondo piani regolari individuati da livellette longitudinali come riportato nel progetto costruttivo.

b) Dovrà indicare i limiti dell'area di costruzione e, dove necessario, la Direzione Lavori indicherà tutti gli alberi, i cespugli, le piante ed altro che dovrà essere lasciato sul posto.

c) Tutto il materiale vegetale, inclusi ceppi e radici, dovrà essere completamente rimosso.

d) Il materiale scavato dovrà essere trasportato a discarica autorizzata a propria cura e spese e, se idoneo, riutilizzato per opere di riambientalizzazione e/o come terreno vegetale per la finitura di scarpate.

3.3 SCAVI

3.3.1 Definizioni e generali

Per scavo s'intende l'enucleazione, rimozione e trasporto di terreni di qualsiasi natura e di materiali litoidi che rientrino nelle seguenti categorie:

- terreni vegetali ed organici, suoli, riporti artificiali di varia natura
- terreni sciolti e granulari anche se addensati o con modesta cementazione
- terreni coesivi, a comportamento plastico, in formazioni spazialmente omogenee, o alternati a modesti livelli di materiale granulare cementato
- materiali litoidi alterati nonché masse rocciose fessurate, con orientamento non preferenziale delle fessure con separazione della massa in blocchi di dimensione non superiore ad un metro cubo, non cementati

Si intendono materiali litoidi quei materiali rocciosi coerenti e compatti che debbono necessariamente essere scavati con l'ausilio di macchine ad azione demolitrice, ripper, demolitori, fioretti, martelli pneumatici, cunei idraulici, miscele espansive, etc…..Sono comprese anche le rocce in strati alternati nelle quali la presenza di fessurazioni e/o alterazioni non rechi pregiudizio alla compattezza dell'intera massa , ovvero con presenza di cemento, di consistenza litoide, nelle fessure.

3.3.2 Modalità esecutive e oneri per l'Appaltatore

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

Nella esecuzione dei lavori di scavo l'Appaltatore dovrà farsi carico delle prescrizioni e degli oneri di seguito elencati a titolo descrittivo e non limitativo.

a) Rifinire il fondo e le pareti dello scavo non provvisionale secondo quote e pendenze di progetto.

   L'appaltatore avrà cura che il fondo dello scavo sia compattato secondo le indicazioni del progetto.

b) La sicurezza operativa delle attività di sbancamento deve essere garantita dall'esecuzione di scavi a campione su fronti di ampiezza limitata, al più pari a 20m lineari, per evitare fenomeni di instabilizzazione dei fronti di scavo. Una volta avvenuto il compimento del taglio delle scarpate di trincee o rilevati, configurate secondo i profili previsti in progetto, sarà cura dell'Impresa segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi, per eventuale ispezione da parte della D.L., prima di procedere a fasi di lavoro successive o ricoprimenti. In caso di inosservanza di questa prassi, la Direzione Lavori potrà richiedere all'Appaltatore di rimettere a nudo le parti occultate senza che questi abbia diritto al riconoscimento di alcun maggior onere o compenso. Dopo la regolarizzazione della scarpata, si deve garantire la sistematica e tempestiva protezione delle scarpate in ottemperanza alla prescrizioni contenute nel presente "Capitolato Speciale di Appalto – Parte Tecnica", in particolare con riferimento alla presente Sezione "Movimenti Terra".

In questa fase l'Appaltatore dovrà avere cura di portare a compimento tutte quelle opere di regolazione idraulica previste in progetto, che rappresentano il presidio e la salvaguardia delle scarpate.

c) Provvedere alla demolizione e/o rimozione dei trovanti di qualsiasi natura e dimensione provvedendo altresì alla frantumazione dei materiali non trasportabili e/o non riutilizzabili.

d) Eseguire, ove previsto dai documenti di progetto e/o richiesto dalla Direzione Lavori, scavi campione con prelievo di saggi e/o effettuazione di prove in sito ed analisi di laboratorio.

e) Provvedere a propria cura e spese allo smaltimento in discarica autorizzata del materiale scavato non riutilizzato o non riutilizzabile;

f) Provvedere al carico, trasporto e scarico del materiale proveniente dagli scavi che l'Appaltatore intendesse riutilizzare, purché idoneo. E' inteso incluso anche l'eventuale onere per il reperimento di idonee aree di stoccaggio, eventualmente indicate dalla Direzione Lavori, il deposito ordinato e la ripresa dei materiali.

g) Recintare e apporre sistemi di segnaletica diurna e notturna alle aree di scavo.

h) Provvedere, con qualsiasi sistema (paratie, palancolate, sbatacchiature, puntellamenti, armature a cassa chiusa, etc.), al contenimento delle pareti degli scavi in accordo a quanto prescritto dai documenti di progetto, nel rispetto del piano di sicurezza ed in conformità alle norme di sicurezza.

i) Adottare tutte le cautele necessarie (indagini preliminari, sondaggi, scavi campioni, etc.) per evitare il danneggiamento di manufatti e reti interrate di qualsiasi natura; inclusa, ove necessario la temporanea deviazione ed il tempestivo ripristino delle opere danneggiate o temporaneamente deviate.

j) Provvedere ad un adeguato drenaggio per evitare accumuli d'acqua nel fondo dello scavo, nonché' ad aggottamento dell'acqua ove si rendesse necessario. L'Appaltatore dovrà mantenere durante i lavori tutti i drenaggi funzionanti in modo da assicurare la fuoriuscita dell'acqua. I danni al lavoro conseguenti a infiltrazioni d'acqua dovute alla mancate realizzazione di idonei drenaggi dovranno essere immediatamente rimediati dall'Appaltatore a sue spese.

k) Nel caso di impiego di esplosivi, saranno a carico dell'Appaltatore:

- Il rispetto delle leggi e normative vigenti, la richiesta e l'ottenimento dei permessi delle competenti Autorità.
- Polvere, micce, detonatori, tutto il materiale protettivo occorrente per il brillamento delle mine, compresa l'esecuzione di fori, fornelli, etc.
- Mezzi, materiali e personale qualificato occorrente, per l'esecuzione dei lavori nel rispetto delle norme di sicurezza.
- Coordinamento nei tempi di esecuzione, in accordo al programma di costruzione e nel rispetto dei vincoli e delle soggezioni derivanti dalle altre attività in corso e dalle situazioni locali.

l) L'Appaltatore è obbligato a redigere il profilo stratigrafico dei fronti di scavo entro 24 ore dalla loro esecuzione e sottoporlo alla Direzione Lavori che verificherà se

necessita apportare modifiche o adattamenti alla pendenza di progetto o a qualsiasi lavorazione prevista in progetto in base alle condizioni di lavoro operative.

L'Appaltatore è tenuto a rispettare la geometria degli scavi prevista dal Progetto. In particolare dovrà rifinire il fondo e le pareti dello scavo secondo quote e pendenze di Progetto, curando anche che il fondo degli scavi sia compattato secondo le indicazioni del Progetto.

Per quanto riguarda le opere di sostegno multitirantate, nessuno scavo potrà essere eseguito al disotto della quota prevista per la realizzazione dell'ordine di tiranti in corso, se prima l'ordine stesso non sarà completato e messo in tensione.

Qualora negli scavi si fossero superati i limiti assegnati, l'Appaltatore dovrà ricostituire i volumi scavati in più, utilizzando materiali idonei.

Prima di procedere a fasi di lavoro successive, l'Appaltatore dovrà segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi per eventuale ispezione da parte della Direzione Lavori.

3.3.3 Scavi di sbancamento

Sono così denominati gli scavi occorrenti per:

- la formazione del sedime d'imposta dei fabbricati;
- le gradonature di ancoraggio dei rilevati, previste per terreni con pendenza superiore al 20%;
- la bonifica del piano di posa di rilevati o di altre opere;
- lo spianamento del terreno;
- l'impianto di opere d'arte;
- il taglio delle scarpate di trincee o di rilevati;
- la formazione o approfondimento di cunette, di fossi e di canali.

3.3.4 Scavi di fondazione

Per scavi di fondazione s'intendono quelli chiusi da pareti, di norma verticali, riproducenti il perimetro dell'opera, effettuati al di sotto del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno lungo il perimetro medesimo.

Questo piano sarà determinato, a giudizio della Direzione Lavori, o per l'intera area di fondazione o per più parti in cui questa può essere suddivisa, a seconda sia dell'accidentalità del terreno, sia delle quote dei piani finiti di fondazione.

Gli scavi saranno, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, spinti alle necessarie profondità, fino al rinvenimento del terreno della capacità portante prevista in Progetto.

Qualora si rendesse necessario dopo l'esecuzione dello scavo, il ripristino delle quote per l'impronta della fondazione dell'opera, i materiali da utilizzare saranno i seguenti:

1- per uno spessore di 30÷50 cm, sabbia fine lavata;

2- per il rimanente spessore, materiali appartenenti al gruppo A1, anche provenienti da scavi.

I piani di fondazione saranno perfettamente orizzontali, o disposti a gradoni, con leggera pendenza verso monte per quelle opere che ricadessero sopra falde inclinate; le pareti saranno verticali od a scarpa.

Gli scavi di fondazione potranno essere eseguiti, ove ragioni speciali non lo vietino, anche con pareti a scarpa aventi la pendenza minore di quella prevista, ma in tal caso, nulla è dovuto per il maggiore scavo di fondazione e di sbancamento eseguito di conseguenza.

L'Appaltatore dovrà evitare che il terreno di fondazione subisca rimaneggiamenti o deterioramenti prima della costruzione dell'opera. In particolare eventuali acque ruscellanti o stagnanti dovranno essere allontanate dagli scavi.

3.4 RINTERRI

Per rinterri si intendono:

- la bonifica di zone di terreno non adeguato, al disotto del piano di posa di manufatti, delle trincee e dei rilevati, effettuata mediante sostituzione dei terreni del sottosuolo con materiale idoneo o mediante il trattamento degli stessi con calce;
- il riempimento di scavi provvisori eseguiti per la realizzazione di fondazioni, cunicoli, pozzetti, e quanto altro;
- la sistemazione superficiale eseguita con o senza apporto di materiale.

Nella effettuazione dei rinterri l'Appaltatore dovrà attenersi alle seguenti prescrizioni ed oneri:

a. La bonifica del terreno dovrà essere eseguita quando prevista dal progetto, e ogni qualvolta nel corso dei lavori si dovessero trovare delle zone di terreno non idoneo (per es. un terreno altamente compressibile, non compattabile, dotato di scadenti caratteristiche meccaniche o contenente notevoli quantità di sostanze organiche) e/o comunque non conforme alle specifiche di progetto o a prescrizioni contrattuali.
b. La bonifica dovrà essere eseguita utilizzando i seguenti materiali; con riferimento alla classifica CNR-UNI 10006:

- A1, A2, A3 se proveniente da cave di prestito;
- A1, A2, A3, A4 se proveniente dagli scavi.

Il materiale dovrà essere messo in opera a strati di spessore non superiore a 50 cm. (materiale sciolto); per il materiale dei gruppi A2 ed A4 gli strati dovranno avere spessore non superiore a 30 cm. (materiale sciolto).

Qualora sia previsto in progetto a causa della non disponibilità dei suddetti materiali in un raggio economicamente conveniente, è consentito l'uso di terre stabilizzate a calce secondo le modalità indicate nella specifica allegata.

Dopo la compattazione, il valore della densità secca (AASHTO Modificata CNR-BU n. 69) dovrà essere almeno pari a quello previsto per le diverse tipologie di opere in terra, riportato nei paragrafi che seguono; il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a quello previsto per le diverse tipologie di opere in terra, riportato nei paragrafi che

seguono; infine il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto e).

c) Nel caso in cui la bonifica di zone di terreno di cui al punto 2.3. b debba essere eseguita in presenza d'acqua, l'Appaltatore dovrà provvedere ai necessari emungimenti per mantenere costantemente asciutta la zona di scavo da bonificare fino ad ultimazione dell'attività stessa; per il rinterro dovrà essere utilizzato materiale selezionato appartenente esclusivamente ai gruppi A1, A2-4 ed A3 (UNI-CNR 10006).

   Qualora le caratteristiche del terreno richiedessero un trattamento di miglioramento, un rinforzo o una stabilizzazione profonda questa dovrà essere eseguito secondo le prescrizioni di progetto esecutivo.

d) La sistemazione delle aree superficiali dovrà essere effettuata con materiali idonei sia provenienti dagli scavi che di fornitura dell'APPALTATORE, e dovrà essere effettuata con spandimento a strati procedendo alla regolarizzazione delle pendenze secondo le indicazioni del progetto.

3.5 RILEVATI

Con il termine "rilevati" sono definite tutte le opere realizzate con terra, destinate a formare il rilevato stradale ed i piazzali, con esclusione dei lavori inerenti alla sovrastruttura stradale per i quali si rimanda ad altre Sezioni del presente Capitolato.

Al fine di individuare le diverse parti che costituiscono il rilevato si definisce:

- piano di posa del rilevato - la superficie del terreno naturale dopo lo scotico o del terreno di riporto dopo l'eventuale bonifica del terreno naturale;
- corpo del rilevato - opera in terra, costituita dalla sovrapposizione di strati di terre, compattate, necessaria per l'appoggio della sovrastruttura stradale posta a quota superiore a quella del piano di campagna;
- primo strato di rilevato o strato anticapillare – primo strato di rilevato, al di sopra del piano di posa, con caratteristiche tali da impedire la risalita dell'acqua per capillarità;
- ultimo strato del rilevato o strato supercompattato - ultimo strato del rilevato caratterizzato da un elevato grado di costipamento.

Si definisce inoltre:

terra trattata con calce – miscela composta da terra, calce viva o idrata ed acqua, in quantità tali da modificare le caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche della terra stessa, onde ottenere una miscela idonea per la formazione di strati che, dopo il costipamento, risultino di adeguata resistenza meccanica nonché stabili all'azione dell'acqua e del gelo.

3.5.1 Colline artificiali e tombamenti

Tutti i rilevati, sia che si impostino sul piano di campagna o che si addossino a rilevati esistenti, dovranno essere eseguiti tenendo conto delle seguenti modalità.

a. Prima della formazione del rilevato, il terreno al di sotto del piano di campagna, andrà asportato per uno spessore minimo di 50 cm (scotico) e comunque per tutto lo strato di terreno vegetale. Successivamente dovrà essere preparato il piano di posa, alla quota prevista in progetto, secondo i requisiti previsti nel punto b del presente paragrafo; se la quota di progetto è superiore a quella dello scotico, la stessa dovrà essere raggiunta con l'apporto di materiale selezionato, rispondente ai requisiti di cui al punto b (rinterri).

b. il piano di posa dovrà essere costipato mediante rullatura in modo da ottenere un a densità secca non inferiore al 90% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69). Il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 10 MPa al primo ciclo di carico e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto nel presente capitolato;

Se il terreno in situ non ha caratteristiche adeguate ai requisiti richiesti, dovrà essere effettuata la bonifica, secondo quanto previsto per i rinterri.

c. lo strato di anticapillare verrà realizzato solo se previsto in progetto; il primo strato di rilevato o strato anticapillare, posto al di sopra del piano di posa, dovrà avere uno spessore di 50 cm (materiale compattato)e dovrà essere costituito da pietrischetto con dimensioni comprese tra 2 e 25 mm avente le seguenti caratteristiche granulometriche:

passante		
25 mm		100%
4 mm	≤	20 %
2 mm	≤	10 %.

Equivalente in sabbia >70.

L'impiego di materiali di diversa granulometria è possibile solo nel caso in cui l'Appaltatore, seguendo le indicazioni del DL che sentirà in proposito i progettisti, esegua una sperimentazione su campo prova volta a dimostrare che la massima risalita capillare non supera la metà dello strato anticapillare stesso.

Il materiale dovrà essere steso in strati non superiori a 50 cm (materiale sciolto) e costipato mediante rullatura. Il modulo di deformazione, misurato mediante prova di carico su piastra al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa – 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 20 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto l).

Questo strato dovrà essere protetto inferiormente con uno strato di geotessile avente le caratteristiche previste dal presente Capitolato.

In ogni caso, il geotessile dovrà:

- apparire uniforme;

- non avere superficie liscia;

- essere resistente agli agenti chimici ed alle cementazioni abituali in ambienti naturali;

- essere imputrescibile ed atossico;

- avere buona resistenza alle alte temperature;

- essere isotropo;

- avere resistenza a trazione, misurata secondo la normativa CNR su provino da 500 x 100 mm, maggiore o uguale a 18 kN/m;

- essere risvoltato alle estremità e ricoprire superiormente lo strato di anticapillare per almeno 3 m su ciascun lato.

Se i terreni sovrastanti appartengono alle classi A2 e A4 il geotessile dovrà ricoprire completamente lo strato anticapillare.

Lo strato di anticapillare verrà realizzato solo se previsto in progetto.

d. Nella formazione del corpo del rilevato dovranno essere innanzitutto impiegate le terre provenienti da scavi di sbancamento, di fondazione o di galleria appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A2-6, A2-7, A3 e A4, di cui alla norma CNR-UNI 10006, e inoltre terre provenienti da cave di prestito, appartenenti agli stessi gruppi. Non dovranno essere impiegate terre del gruppo A3 con coefficiente di disuniformità inferiore a 7.

   Qualora sia previsto in progetto a causa della non disponibilità dei suddetti materiali in un raggio economicamente conveniente, è consentito l'uso di terre stabilizzate a calce secondo le modalità indicate nella specifica allegata.

   Per la realizzazione del corpo del rilevato è consentito l'utilizzo di terre trattate a calce per la formazione dell'intero corpo del rilevato ad esclusione dello strato supercompattato.

   L'utilizzo di terre piroclastiche dovrà essere esplicitamente autorizzato dalla Direzione Lavori.

   Lo spessore delle strato(materiale soffice/sciolto) deve essere adeguato ai mezzi di compattazione, in maniera da ottenere un'omogeneità di compattazione per tutta l'altezza dello strato finito.

e. Per la formazione del corpo dei rilevati potranno essere impiegati frammenti rocciosi delle dimensioni non maggiori di 20 cm così da poter formare strati dello spessore massimo di 50 cm. Da un punto di vista litologico è da escludere l'impiego di materiali provenienti da marne, argilliti, filladi e micascisti o da rocce soggette a fenomeni di alterazione.

f. Nel caso di impiego di rocce tufacee, la formazione del corpo dei rilevati, gli scapoli dovranno essere frantumati completamente, con dimensioni massime di 10 cm, mediante l'impiego di rulli a piedi di pecora.

   Non dovranno essere impiegati materiali di natura argillo-scistosa o comunque alterabili o molto fragili che non conservino nel tempo la granulometria originaria.

   Non verranno perciò accettate rocce di origine chimica che non abbiano completato il processo di diagenesi a meno di esplicita approvazione della DL, che deve sentire in proposito i progettisti, dopo l'esecuzione di specifiche prove che devono essere proposte dall'Appaltatore ed approvate dalla Dl stessa.

   Il materiale, la cui dimensione sia compresa fra 7,1 e 25 cm, deve essere di pezzatura disuniforme e non deve costituire più del 30% del volume del rilevato.

Deve poi risultare un accurato intasamento dei vuoti in modo da ottenere, per ogni strato, una massa ben assestata e compatta.

Quando materiali di caratteristiche assai differenti, quali ghiaia o sabbia, sono estratti da fonti diverse, tali materiali dovranno essere depositati in strati alterni per la larghezza complessiva del rilevato. La DIREZIONE LAVORI può, se lo ritiene necessario e vantaggioso per il lavoro, ordinare che tali materiali siano mescolati.

g. In ogni caso, sia che si tratti di terre, sia che si tratti di rocce frantumate, il grado di uniformità dei materiali utilizzati, definito come il rapporto tra il passante al setaccio D60 e il passante al setaccio D10 G.U. = D60 / D10 dovrà essere ≥ 15.

h. Il materiale dovrà essere messo in opera con un contenuto d'acqua (CNR-UNI 10008) prossimo all'ottimale; qualora il contenuto d'acqua si discosti di ± 2% dal valore ottimale, l'eventuale aggiunta di acqua avverrà mediante dispositivi spruzzatori e l'eventuale essiccamento avverrà per evaporazione, aerando il terreno mediante erpici, aratri a dischi o altri metodi meccanici adeguati alla tipologia del terreno ed allo spessore dello strato da aerare.

i. Il materiale impiegato per la formazione del corpo del rilevato dovrà essere steso in strati di spessore non superiore a 50 cm (materiale sciolto) per le terre dei gruppi A1, A2-4e non superiore a 30 cm (materiale sciolto) per il materiale dei gruppi A2-5, AA2-6, A2-7, A3 ed A4.

   Su ciascuna sezione trasversale i materiali impiegati per ciascuno strato dovranno essere dello stesso gruppo o sottogruppo.

Ogni strato dovrà essere costipato in modo da raggiungere in ogni punto la densità secca almeno pari al 90% della densità della densità massima ottenuta per quella terra con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69). In relazione alla difficoltà di ottenere i prescritti valori minimi della densità AASHTO modificata e del modulo di deformazione come più avanti prescritto, l'Appaltatore, prima di usare terre dei gruppi A2-5 e A2-7, dovrà effettuare opportune prove (in situ e in laboratorio) che attestino la possibilità di raggiungere i prescritti parametri. Di tali prove dovrà essere informata la Direzione Lavori.

Nel caso di impiego di frammenti rocciosi, in luogo della prova di densità, si dovranno eseguire, durante la formazione degli strati, solo prove per la determinazione del modulo di deformazione, eventualmente con piastra di diametro D = 600 mm.

La densità AASHTO modificata sarà determinata secondo i metodi delle prove di cui alla norma CNR-B.U. n.69 in relazione alla massima dimensione degli elementi.

l. il modulo di deformazione dell'opera in terra, misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 15 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146). Nel caso in cui, nella verifica della compattazione mediante prova di carico su piastra (CNR-BU n° 146), il valore del rapporto tra i moduli del primo e del secondo ciclo di carico (K) risultasse inferiore a 0.60, dovrà essere predisposto, prima di procedere ai lavori, un campo prova per definire sperimentalmente il valore massimo del K ottenibile per il tipo di materiale da utilizzare.

Nel corso di detta sperimentazione dovranno inoltre essere definiti:

- le caratteristiche dei rulli (tipo, peso);

- la loro velocità di avanzamento e, nel caso di rulli dinamici, frequenza delle vibrazioni;
- il numero delle passate
- lo spessore massimo di ciascuno strato

Sulla scorta del valore del coefficiente K così ottenuto, verrà individuato un rango con indice minore, – 10% del suddetto K che definirà il campo di accettabilità delle lavorazioni.

Ogniqualvolta si utilizzi materiale diverso e/o i valori di K, comunque inferiori a 0.6, siano esterni al campo di accettabilità precedentemente determinato, dovrà essere predisposto un nuovo campo prova.

Al termine del campo prova dovrà essere consegnata alla Direzione Lavori una relazione contenente tutti i dati relativi al campo prova stesso.

m. La superficie superiore degli strati avrà una pendenza trasversale pari a circa il 3% e comunque tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche; dovrà essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi. Detta pendenza dovrà essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere, impiegando allo scopo le livellatrici e apposite squadre di operai.
n. Le scarpate dei rilevati dovranno essere inerbite secondo le prescrizioni riportate negli elaborati di progetto.
o. Le eventuali banche laterali antirifluimento dovranno essere realizzate con gli stessi materiali e modalità costruttive del corpo del rilevato.
p. Nel caso di allargamento di un rilevato esistente, previa asportazione dello strato di terreno vegetale umifero, si dovrà ritagliare, con ogni cautela, a gradoni orizzontali la scarpa del corpo del rilevato su cui andrà addossato il nuovo materiale, avendo cura di procedere per fasi, facendo immediatamente seguire ad ogni gradonatura (dell'altezza massima di 50 cm) la stessa del relativo nuovo strato (tale da coprire la gradonatura stessa) ed il suo costipamento, in modo da assicurare comunque la viabilità del rilevato esistente.
q. Nel caso di interruzione e/o sospensione delle lavorazioni sul corpo del rilevato e ogni volta che la stesa dello strato di terreno successivo venga effettuata oltre le 72 ore dalla compattazione dello strato sottostante, è necessario spargere, subito dopo la compattazione e per l'intera larghezza del rilevato, fitociti, antigerminali o anche taletissici. Prima della ripresa del lavoro, il rilevato già eseguito dovrà essere ripulito dalle erbe e dalla vegetazione in genere che eventualmente vi si fosse insediata, dovrà essere aerata, praticandovi, inoltre dei solchi per il collegamento dei nuovi materiali come quelli finora impiegati e dovranno essere ripetute le prove di controllo delle compattazioni.
r. L'ultimo strato del rilevato o supercompattato dovrà essere realizzato come riportato nel presente capitolato;
s. Le operazioni di posa in opera e compattazione non dovranno essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stesso. Nel caso di ammaloramenti dovuti a tali cause, la parte deteriorata dovrà essere rimossa e ricostruita a cura e spesa dell'Appaltatore.
t. In base alle caratteristiche dei terreni di base dei rilevati vanno rispettati i programmi previsti in progetto per la costruzione dei rilevati stessi in modo che gli eventuali

provvedimenti di bonifica o di acceleramento del consolidamento del terreno di posa, possano essere ultimati in tempo utile a garantire che gli assestamenti residui siano non superiori al 10% dei cedimenti teorici e siano comunque inferiori a 5 cm.

u. Posto:

densità in sito dopo costipamento

densità del terreno sciolto, senza alcuna compattazione

densità secca massima ottenuta attraverso la prova di compattazione AASHTO modificata

3.6 INERBIMENTO

L'inerbimento verrà realizzato con uno strato di terreno vegetale umifero dello spessore di 30 cm, da stendere a cordoli orizzontali, opportunamente costipati, e ricavando, se necessario, gradoni di ancoraggio,

La semina dovrà essere eseguita con semi (di erbe ed arbusti tipo ginestra e simili), scelti in relazione al periodo di semina ed alle condizioni locali, sì da ottenere i migliori risultati. La semina dovrà, se necessario, essere ripetuta fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerbimento.

Si potrà anche provvedere all'inerbimento mediante altri sistemi, con specifiche approvate dalla DL.

Per le scarpate dei rilevati stradali, l'inerbimento verrà effettuato seguendo dappresso la costruzione del rilevato.

3.7 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

a. In merito alla individuazione dei materiali provenienti dagli scavi e riutilizzabili per la costruzione delle opere in terra, sarà cura ed onere dell'Appaltatore, prima dell'inizio dei lavori, esperire una campagna di indagini allo scopo di fornire alla Direzione Lavori una esauriente documentazione sia per quanto attiene le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali che per quanto concerne la disponibilità in funzione delle esigenze quantitative e temporali derivanti dal programma di esecuzione dei lavori.

   Qualora i quantitativi dei materiali individuati fossero insufficienti alle esigenze di costruzione, sarà cura dell'Appaltatore presentare anche un'analoga documentazione relativa alle cave di prestito.

b. La provenienza ed il tipo di materiale da utilizzare dovranno essere preventivamente comunicati alla Direzione Lavori;

c. Sarà cura dell'Appaltatore provvedere all'aerazione ed alla fornitura dell'acqua necessaria per ottenere l'umidificazione ottimale, ai fini della compattazione, dei materiali utilizzati per i rinterri ed i rilevati.

d. In presenza di paramenti flessibili e murature laterali la compattazione a ridosso delle opere dovrà essere tale da escludere una riduzione nell'addensamento e nel contempo il danneggiamento delle opere stesse.

In particolare si dovrà evitare che i grossi rulli vibranti operino ad una distanza inferiore a 1.5 m. da opere preesistenti.

A ridosso dei manufatti l'Appaltatore dovrà usare mezzi di compattazione leggeri quali piastre vibranti, rulli azionati a mano, provvedendo a garantire i requisiti di deformabilità e

densità richiesti anche operando su strati di spessore ridotto. Nella formazione di tratti di rilevato rimasti in sospeso per la presenza di tombini, canali, cavi etc. si dovrà garantire la continuità con la parte realizzata impiegando materiali e livelli di compattazione identici.

- Sarà cura dell'Appaltatore fare effettuare le prove in sito e di laboratorio previste dalla "Specifica di Controllo Qualità", così come quelle integrative che la Direzione Lavori ritenesse necessarie per accertare la qualità del lavoro.
- Per consentire la effettuazione delle prove in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'Appaltatore dovrà provvedere alla installazione in cantiere di uno o più laboratori attrezzati per la esecuzione delle prove previste dalla "Specifica di Controllo Qualità".
- Il laboratorio di cantiere dovrà avvalersi di personale qualificato e numericamente adeguato al quantitativo di prove da eseguire.
- Sarà cura dell'Appaltatore provvedere al controllo e al contenimento di acque di falda e superficiali, provvedendo alla costruzione delle opere di drenaggio definitive ed alla realizzazione di tutte le opere provvisionali (well-point, palancolate, deviazioni, aggottamenti, etc.) atte a garantire la qualità del lavoro da eseguire ed a garantire altresì il regolare deflusso delle acque.
- Sarà cura dell'Appaltatore, provvedere alla fornitura ed al trasporto dei materiali provenienti da cave di prestito, così come di quelli provenienti dagli scavi.
- Nel caso in cui, in qualsiasi fase di lavoro, siano rinvenuti oggetti o materiali di valore od oggetti tutelati dalle leggi vigenti, l'Appaltatore dovrà scrupolosamente attenersi a quanto prescritto dal Contratto.
- Sarà onere dell'Appaltatore provvedere alla profilatura delle scarpate, delle banchine e dei cigli ed alla costruzione degli arginelli se previsti, nonché alla maggiorazione delle dimensioni di progetto dei rilevati, per tener conto dell'assestamento delle terre, affinché all'epoca del collaudo i rilevati eseguiti abbiano dimensioni non inferiori a quelle previste nel progetto costruttivo.
- Sarà onere dell'Appaltatore il trasporto e lo smaltimento a discarica autorizzata di tutto il materiale di risulta (non idoneo al riutilizzo o comunque esuberante) proveniente dagli scavi o da scarti di vagliatura del materiale accantonato per il riutilizzo.
- Sarà cura dell'Appaltatore, durante tutte le fasi di lavorazione, provvedere alla protezione e conservazione dei manufatti esistenti ed all'eventuale ricostruzione, in caso di danneggiamento o temporanea rimozione, nello stato in cui si trovavano prima della effettuazione dei lavori.
- Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alla pulizia, manutenzione e ripristino del manto stradale, sia relativamente alle strade di cantiere che alla viabilità esterna, in modo da preservare l'integrità delle superfici stradali percorse dai mezzi dell'Appaltatore e di garantire costantemente la percorribilità delle strade anche in relazione agli aspetti concernenti la sicurezza.

- Sarà cura dell'Appaltatore provvedere programmare i lavori conformemente alle fasi costruttive previste in progetto e verificare che i dati provenienti dal monitoraggio in corso d'opera siano rispondenti a quelli previsti in progetto. Nel caso in cui si verifichino degli differenze, dovrà essere tempestivamente informata la direzione dei lavori. Sarà inoltre onere dell'Appaltatore raccogliere e consegnare alla DL i dati del monitoraggio, con cadenza almeno mensile.

3.8 CONTROLLI

3.8.1 Prescrizioni generali

L'incidenza delle prove definita nelle specifiche di Controllo Qualità deve ritenersi come livello minimo; tale incidenza dovrà essere incrementata in ragione della discontinuità granulometrica dei materiali portati a rilevato o rinterro e della variabilità nelle procedure di compattazione.

L'Appaltatore potrà eseguire le prove di controllo in proprio o tramite un laboratorio qualificato dall'Appaltatore e approvato dalla Direzione Lavori.

Il personale addetto dovrà essere di provata esperienza ed affidabilità; il numero dei tecnici nonché quello delle attrezzature effettivamente disponibili dovrà essere tale da poter esperire le prove in sito ed in laboratorio con tempestività, continuità e con le frequenze previste.

Le prove di laboratorio dovranno essere eseguite in una sede adeguatamente attrezzata e capiente distaccata presso il cantiere dell'Appaltatore ed accessibile alla Direzione Lavori.

Prima di iniziare i lavori l'Appaltatore dovrà trasmettere alla Direzione Lavori l'elenco del personale, delle attrezzature di prova nonché i certificati di calibrazione e taratura delle apparecchiature; durante i lavori l'esito delle prove dovrà essere trasmesso tempestivamente su appositi moduli.

Tutti gli oneri conseguenti alla effettuazione e certificazione delle prove di cui al presente articolo devono intendersi a totale carico dell'Appaltatore.

I modelli da applicare per la gestione e la certificazione dei controlli, completi dei relativi certificati sono allegati al documento "Prescrizioni per l'esecuzione di forniture e lavori in assicurazione qualità".

Prima di iniziare i lavori in oggetto, l'Appaltatore dovrà disporre di un P.C.Q. approvato dalla DL, per ogni opera da eseguire.

Le prove saranno eseguite presso il laboratorio, qualificato dall'Appaltatore e approvato dalla Direzione Lavori, o, in situ, dal personale dello stesso laboratorio qualificato; l'esito di ciascuna prova verrà riportato su un apposito certificato, ed allegato al P.C.Q. e farà parte del dossier di qualità dell'opera.

Per le prove in situ, su ciascun certificato dovrà essere chiaramente indicato:

- l'opera di riferimento
- le caratteristiche identificative del lotto testato
- la data di esecuzione del test
- i risultati ottenuti
- il nome e firma del controllore

Per le prove di piastra su ciascun certificato dovrà essere chiaramente indicato:

- l'opera di riferimento
- la provenienza del materiale testato, con indicazione del lotto o qualsiasi altro elemento identificativo;
- il nominativo dell'operatore che ha eseguito la prova;
- data e luogo della prova;
- visto di chi ha approvato l'emissione del certificato;

L'esito di tutte le prove e di tutti i controlli effettuati dovrà essere trasmesso alla Direzione Lavori.

La Direzione Lavori potrà indicare, a sua discrezione, i punti per il campionamento dei materiali e per l'esecuzione delle prove in situ.

3.8.2 Controlli sugli scavi

Il modello da applicare per la gestione e la certificazione dei controlli è il P.C.Q. completo delle relative schede per il controllo delle attività.

3.8.3 Scavi a mano o a macchina

Sono richiesti i seguenti controlli:

3.8.3.1 Controllo della geometria

Questo controllo sarà eseguito dall'Appaltatore durante l'esecuzione di ogni singolo scavo o lotto di scavo (scavo di trincee e piani di posa delle opere in terra) ed in ogni caso con la frequenza necessaria affinché gli scavi siano eseguiti secondo le pendenze, le dimensioni, lo stato delle superfici e le quote di progetto.

I risultati delle verifiche finali saranno annotati con la data e la firma del verificatore sull'apposita scheda prevista dal P.C.Q.

3.8.3.2 Controllo della densità secca

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta per ciascuna tipologia di opera in terra.

La prova in oggetto sarà effettuata quando all'Appaltatore è richiesto di effettuare lavori di compattazione sul fondo dello scavo.

La prova sarà eseguita su ogni singolo scavo, se di dimensioni inferiori a 1000 m^2 o su lotti di scavo di 1000 m^2.

3.8.3.3 Controllo del modulo di deformazione

Dopo la compattazione si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli rispettivamente richiesti per ciascuna tipologia di opera in terra.

La prova in oggetto sarà effettuata quando all'Appaltatore è richiesto di effettuare lavori di compattazione sul fondo dello scavo.

La prova sarà eseguita su ogni singolo scavo, se di dimensioni inferiori a 1000 m2. o su lotti di scavo di 1000 m^2.

3.8.4 Controlli sui rinterri

Il modello da applicare per la gestione e la certificazione dei controlli è il P.C.Q. completo delle relative schede per il controllo delle attività.

Per le terre trattate a calce, oltre a quanto previsto di seguito, si dovrà fare riferimento a quanto richiesto nell'annesso al presente documento.

3.8.4.1 Controlli sui materiali

Prima della posa in opera dei materiali da utilizzare dovrà essere controllato che essi appartengano alle classi ritenute idonee per il tipo di rinterro da effettuare. Il controllo dovrà essere effettuato con le seguenti frequenze minime:

- materiale proveniente da scavo:
- una prova ogni 3.000 mc.
- materiale proveniente da cava:
- non si effettueranno prove in campo ma il materiale dovrà provenire da cava qualificata dall'Appaltatore e accompagnato da relativo certificato (per ogni lotto omogeneo di materiale) emesso dalla cava, attestante la specifica ed i controlli sulla qualità del materiale in accordo alle procedure di C.Q. Il controllo sulla tipologia del materiale si ridurrà quindi al controllo del certificato.

3.8.4.2 Controllo della densità secca

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta per ciascuna tipologia di opera in terra

Per ciascuno strato di bonifica, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 1000 mc, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato; per ciascuno strato di riempimento di scavi, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 2000 mc, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato

3.8.4.3 Controllo del modulo di deformazione

Dopo la compattazione si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli rispettivamente richiesti per ciascuna tipologia di opera in terra.

Per ciascuno strato di bonifica, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 1000 mc, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato; per ciascuno strato di riempimento di scavi, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 2000 mc, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato

3.8.4.4 Controllo dello spessore degli strati

Si dovrà misurare lo spessore dello strato di materiale da compattare (materiale sciolto) e controllare che siano rispettati i valori previsti nei paragrafi precedenti.

Il controllo dovrà essere effettuato per ogni strato steso e almeno ogni 200 m.

3.8.5 Controlli sui rilevati

Il modello da applicare per la gestione e la certificazione dei controlli è il P.C.Q. completo delle relative schede per il controllo delle attività.

Per le terre trattate a calce, oltre a quanto previsto di seguito, si dovrà fare riferimento a quanto richiesto nell'annesso 1 al presente documento.

3.8.5.1 Rilevati stradali

Gli scavi del terreno al disotto del piano di campagna dovranno essere effettuati con le modalità previste dal presente capitolato.

3.8.5.2 Controlli sui materiali

Piano di posa

I materiali utilizzati nel caso della bonifica del piano di posa del rilevato o di riempimento, per raggiungere la quota del piano di posa del rilevato, verranno controllati secondo quanto previsto nel presente Capitolato.

3.8.5.3 Corpo del rilevato

Per verificare l'accettabilità dei materiali utilizzati per il primo strato del corpo del rilevato (anticapillare) e per tutto il corpo del rilevato, i controlli verranno effettuati come di seguito indicato.

Per i materiali provenienti da cave, precedentemente qualificate dall'Appaltatore, l'accettazione è subordinata alla presentazione del dossier di qualifica della cava, completo dei certificati di qualifica del materiale stesso ed approvato dalla Direzione Lavori. In questo caso il controllo per la rispondenza dei requisiti dei materiali si ridurrà quindi al controllo del certificato.

Nel caso di impiego di materiali di natura diversa di quelli approvati in sede di qualificazione del materiale la Direzione Lavori deciderà l'effettuazione del tipo e quantità di prove da effettuare.

Per materiali provenienti da scavo le prove avverranno sullo scavo di approvvigionamento, con una frequenza di una prova ogni 3000 m3 di materiale scavato, ed in ogni caso ogni qualvolta cambi la tipologia del materiale scavato.

Nel caso di impiego di rocce tufacee, all'atto della posa in opera dei rilevati dovrà essere controllato, mediante setacciatura, che i materiali con pezzatura compresa tra 7.1 e 25 cm siano presenti nella percentuale ammessa. Il controllo verrà effettuato con frequenza minima di almeno 1 ogni 3000 m^3.

3.8.5.4 Controlli sul contenuto d'acqua dei materiali

Per il corpo del rilevato, prima della compattazione, dovrà essere determinato (CNR-UNI 10008) il contenuto d'acqua del materiale da utilizzare, e confrontato con i limiti stabiliti nel presente Capitolato. Nel caso ci sia la necessità di variarlo, mediante l'aggiunta di acqua o mediante evaporazione, la determinazione del contenuto d'acqua verrà ripetuta anche dopo le suddette operazioni.

La frequenza dei controlli sarà di 1 ogni 10000 mc e comunque almeno 1 ogni strato da compattare.

3.8.5.5 Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati

Si dovranno misurare gli spessori massimi degli strati stesi, prima della loro compattazione e controllare che non siano superiori a quelli indicati per questo tipo di opera.

Si controllerà inoltre che la pendenza trasversale della superficie superiore dello strato finito, dopo compattazione, sia quella di progetto e che le scarpate dei rilevati mantengano pendenze non superiori a quelle riportate in progetto.

I sopracitati controlli saranno effettuate per ogni strato e almeno 1 per ogni 1000 mq.

3.8.5.6 Controlli sulla densità secca

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta rispettivamente per il piano di posa, per lo strato di anticapillare e per il corpo del rilevato.

Per il piano di posa dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 4000 m2, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per lo strato anticapillare e per il corpo del rilevato dovrà essere eseguita, sia sul bordo sia al centro del rilevato stesso, almeno 1 prova ogni 2000 m^2, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Nel caso di utilizzo, preventivamente approvato, di frammenti di roccia, non verrà effettuata la prova per la determinazione della densità secca.

3.8.5.7 Controllo del modulo di deformazione

Dopo la compattazione si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli richiesti per il piano di posa, per lo strato di anticapillare e per il corpo del rilevato.

Per il piano di posa dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 4000 m2, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per lo strato anticapillare e per il corpo del rilevato dovrà essere eseguita, sia sul bordo sia al centro del rilevato stesso, almeno 1 prova ogni 2000 m2, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

3.8.5.8 Controllo della geometria del rilevato

Dovranno essere misurate, su tutta la lunghezza dei rilevati, l'altezza del rilevato, la larghezza delle banchine (se presenti) e la differenza di quota banchina-ciglio del rilevato o altra banchina, e verificare che siano conformi al progetto.

3.8.5.9 Controllo dell'inerbimento delle scarpate del rilevato

Dovrà essere controllato lo spessore dello strato di terreno vegetale umifero , l'eventuale realizzazione di gradoni di ancoraggio e l'uniformità dell'inerbimento.

I controlli dovranno essere effettuati su entrambe le scarpate con una frequenza di 1 ogni 2000 m2.

3.8.5.10 Monitoraggi

Dovranno essere effettuate tutte le misure di controllo previste nel piano di monitoraggio in corso d'opera, con le frequenze indicate in progetto. I dati dovranno essere comunicati alla DIREZIONE DEI LAVORI, mediante una relazione nella quale sono messe a confronto le previsioni di progetto, fino alla data di redazione della redazione e tutte le misure effettuate nella stessa data. Detta relazione dovrà essere redatta con la frequenza riportata in progetto e comunque non superiore a 30 giorni.

3.8.6 Controlli su ritombamenti e colline artificiali

Per le opere che ricadono in questa categoria valgono le stesse prescrizioni previste per il controllo dei rilevati stradali di cui al presente capitolato.

3.9 NORMATIVE RICHIAMATE NEL TESTO

CNR B.U. n° 27 Metodo di prova per la misura dell'equivalente in sabbia

CNR B.U. n°29 Norme sui misti cementati

CNR B.U. n° 34 Determinazione della perdita in peso per abrasione di aggregati lapidei con l'apparecchio Los Angeles

CNR B.U. n° 69 Norme sui materiali stradali. Prova di costipamento di una terra

CNR B.U. n° 146 Determinazione del modulo Md e m'd mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare

CNR - UNI 10006 Tecnica d'impiego delle terre

CNR - UNI 1008 Umidità di una terra

4 OPERE DI SOSTEGNO IN TERRA RINFORZATA

Sono quelle opere speciali di sostegno costituite dall'associazione dei seguenti componenti principali:

- il terreno di riempimento;
- i rinforzi alla resistenza ai quali, per effetto dell'attrito con il terreno di riempimento, è affidato l'equilibrio delle forze agenti;
- il paramento esterno che delimita la geometria dell'opera;
- l'eventuale fondazione del paramento esterno che contribuisce alla stabilità dell'insieme e garantisce l'equilibrio in fase realizzativa.

Le opere di sostegno realizzate con l'associazione dei suindicati componenti debbono soddisfare ai criteri di progetto e verifica di cui alle Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC '08) approvate con D.M. il 14/01/2008 e nella bozza in via di approvazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

4.1 PENDII RINFORZATI CON GEOGRIGLIE

Rinforzo di pendio a scarpa naturale mediante strutture di rinforzo a maglia aperta (geogriglie), manufatti a struttura regolare, mono-orientate estruse in polietilene ad alta densità (HDPE). Le geogriglie impiegate avranno resistenza a trazione dipendente dalle caratteristiche geometriche del pendio, dalle caratteristiche geomeccaniche del terreno, dai carichi agenti sul pendio stesso e da eventuali sollecitazioni sismiche. Non saranno ammissibili rinforzi con struttura chiusa (geotessili tessuti o nontessuti o geocompositi costituiti dall'accoppiamento di geotessili e geogriglie o fibre di rinforzo)

Le geogriglie verranno inserite orizzontalmente su strati aventi spessore di ca. 1m. Allo scopo di contenere il terreno vegetale sul fronte esterno, evitare il dilavamento e favorire l'inerbimento, è necessaria la posa di una biostuoia in fibre vegetali (paglia o paglia e cocco).

4.1.1 Normative di riferimento

Geogriglie-

ISO 9864 : Determinazione della massa areica

EN ISO 10319: Prova di trazione a banda larga

EN ISO 13431: Determinazione del comportamento a rottura

EN 14030 Determinazione della resistenza all'invecchiamento chimico (ambienti acidi-basici)

ENV ISO 10722-1 Determinazione della resistenza al danneggiamento durante la messa in operaEN ISO 12957-1 Caratteristriche di interazione con terreno da prove di taglio

GRI-GG2: Resistenza delle giunzioni

Le Geogriglie dovranno essere marcate CE in conformità alle norme:

UNI-EN 13249:2005: Costruzione di strade e di altre aree soggette a traffico

UNI-EN 13251:2005: Costruzioni di terra, fondazioni e strutture di sostegno

UNI-EN 13253:2005: Opere di controllo dell'erosione

UNI-EN 13254:20905: Costruzione di bacini e dighe

UNI-EN 13257:2005: Discariche per rifiuti solidi

Certificazione ITC (Istituto per le Tecnologie della Costruzione) od equivalente

ITC è il membro italiano dell'UEATC (Union Europeenne pour l'Agreement Technique dans la Construction).

4.1.2 Modalità di esecuzione

Il materiale di rinforzo reso in rotoli deve essere movimentato con muletto o escavatore facendo attenzione a non danneggiare la struttura. Il materiale deve essere conservato in luogo asciutto e ben ventilato protetto dall'esposizione ai raggi solari e per nessun motivo deve essere stoccato in prossimità di materiali infiammabili e fonti di calore. Una volta installato dovrà necessariamente essere ricoperto con il materiale di riempimento entro 4 mesi.

4.1.3 Procedure di installazione delle geogriglie

Preparare il piano di fondazione effettuando eventuali sbancamenti; asportare eventuali radici, sassi o detriti che possono trovarsi in loco, rullare e compattare. Se previsto realizzare uno strato drenante di base. Eseguire il tracciamento del rilevato.

Svolgere i rotoli di geogriglia di rinforzo e tagliare le stesse con un cutter secondo le lunghezze indicate in progetto: la lunghezza del taglio è determinata dalla profondità di ancoraggio.

Stendere i tagli di geogriglia ed ancorarli al terreno utilizzando ferri sagomati a "U".

Stendere il terreno di riempimento previsto e fornito a piè d'opera sopra le geogriglie di rinforzo in strati dello spessore di circa 0.30 m: in prossimità della facciata è necessario l'utilizzo di terreno vegetale per circa 0.50/0.30 m.

Compattare fino ad ottenere un grado di addensamento non inferiore al 90% dello Standard Proctor. In prossimità della facciata (per circa 1,00 m) la compattazione deve avvenire mediante vibro-costipatore o piastre vibranti; nella zona retrostante si utilizzino rulli compattatori di idonee capacità.

Completato il riempimento dello strato (ca. 1 m), ripetere le operazioni 1-5 fino ad opera ultimata.

Completata l'opera è necessario proteggerne la facciata dall'azione erosiva degli agenti meteorici mediante l'impiego di un geocomposito (geostuoia tridimensionale + biotessile). E' importante che il biotessile sia posato sempre a contatto con il terreno.

Fissare il geocomposito in corrispondenza della berma orizzontale utilizzando dei picchetti sagomati ad "U" oppure realizzando una piccola trincea –di dimensioni non inferiori 0.50 m x 0.50 m-.

Srotolare la bobina sino alla base del pendio, tagliare il geocomposito in modo tale da lasciare una lunghezza d'ancoraggio di circa 0.50 m.

Posare i teli adiacenti in modo tale che ci sia sempre una sovrapposizione di almeno 0.10 m in modo da garantire una copertura uniforme, e quindi una efficace protezione, alla facciata.

Il fissaggio del geocomposito alla parete verrà garantito mediante l'impiego di picchetti sagomati ad "U", posati lungo le sovrapposizioni ad una distanza di circa 1.0 m. Le modalità di fissaggio del geocomposito in facciata sono funzione delle irregolarità della stessa: il numero di picchetti dovrà essere tale da garantire il contatto geocomposito-facciata in modo tale che la vegetazione possa attecchire.

Riempire li geocomposito con terreno vegetale per uno spessore pari a quello della geostuoia stessa.

Per un rapido ed uniforme rinverdimento della facciata si consiglia di garantire sempre la giusta umidità del terreno, almeno fino a quando la vegetazione non sia stabilmente radicata.

4.1.4 Soggezioni ambientali

Misure tecniche di protezione:

Temperatura di stoccaggio < 40°C

Temperatura di trasporto < 40°C

Temperatura di carico/scarico > -5°C

4.1.5 Caratteristiche prestazionali

L'elemento di rinforzo è costituito da una struttura piana a maglia aperta (geogriglia), monolitica e con una distribuzione regolare di aperture, di forma allungata, che individuano fili longitudinali e trasversali. I fili longitudinali devono aver subito un processo di orientamento molecolare per aumentare le caratteristiche meccaniche della geogriglia ed assicurare un'elevata resistenza a lungo termine. Le giunzioni tra i fili longitudinali e trasversali devono essere parte integrante della struttura della geogriglia e non devono essere ottenute per intreccio o saldatura dei singoli fili. La resistenza a trazione delle giunzioni deve essere quindi pari ad almeno l'80% della resistenza massima a trazione (GRI-GG2).

Non saranno ammissibili rinforzi con struttura chiusa (geotessili tessuti o nontessuti o geocompositi costituiti dall'accoppiamento di geotessili e geogriglie o fibre di rinforzo)

Le Geogriglie dovranno rispettare le seguenti caratteristiche:

Durabilità minima prevista di 120 anni in terreni naturali con $1.6 < pH < 13$ e temperature fino a 40°C sulla base dei relativi risultati delle prove di Laboratorio. Tale valore deve essere indicato nel documento di accompagnamento della marcatura CE del prodotto

Dovranno inoltre possedere: inerzia chimica totale, imputrescibilità, inattaccabilità da parte di roditori e microrganismi, insensibilità agli agenti atmosferici e all'acqua salmastra, stabilità ai raggi ultravioletti ottenuta mediante adatti quantitativi di nerofumo.

Polimero costituente il manufatto 100% HDPE

Resistenza massima a Trazione Longitudinale (EN ISO 10319:2008) 212 kN/m

Resistenza massima a Trazione Ttrasversale (EN ISO 10319:2008) 6 kN/m

Deformazione a rottura nelle due direzioni (valore nominale) 11%

Resistenza a trazione di progetto a lungo termine 110.5 kN/m

4.1.6 Prove di qualificazione

Le Geogriglie devono essere marcate CE in conformità alle norme EN 13249, 13250, 13251, 13253, 13254, 13255, 13257 e 13265.

Le geogriglie devono essere certificate dall'ITC (Istituto per le Tecnologie della Costruzione) per l'impiego come rinforzo nel terreno per garantire una durata di esercizio di almeno 120 anni.

L'ITC è il membro italiano dell'UEATC (Union Europeenne pour l'Agreement Technique dans la Construction).

I valori caratteristici dei rinforzi indicati in precedenza dovranno essere confermati nella certificazione ITC del produttore.

Il Sistema Qualità del Produttore deve essere certificato a fronte delle norme UNI EN ISO 9001:2000.

4.1.7 Prove di accettazione

Le caratteristiche prestazionali sopra esposte dovranno essere confermate con una dichiarazione di conformità, redatta dal produttore ed all'occorrenza accompagnata dalle relative prove di laboratorio, rilasciata per ogni 10.000mq di materiale consegnato.

5 GABBIONATE

5.1 MATERIALI

Le gabbionate sono formate da elementi in rete metallica a doppia torsione, marcati CE in accordo con la Direttiva europea 89/106/CEE con impieghi previsti: opere di sostegno, sistemazioni fluviali, sistemi di controllo dell'erosione, e realizzati in accordo con le "Linee Guida per la redazione di Capitolati per l'impiego di rete metallica a doppia torsione" emesse dalla Presidenza del Consiglio Superiore LL.PP., Commissione relatrice n°16/2000, il 12 Maggio 2006. La rete metallica a doppia torsione deve essere realizzata con maglia esagonale in accordo agli elaborati di progetto, UNI-EN 10223-3.

Per le dimensioni standard delle maglie disponibili in commercio (6x8, 8x10, 10x12) le tolleranze risultano –4% / +16%. Le combinazioni tipiche tra le dimensioni della maglia ed il diametro del filo sono:

struttura maglia tipo	diametro del filo (mm)
gabbioni 6x8	2,7
gabbioni 8x10	2,7 (con riv. polimerico) e 3,0
materassi	6x8 2,2 (con riv. polimerico)

Il diametro del filo di bordatura avrà un diametro maggiore di quello costituente la rete, secondo le seguenti combinazioni:

diametro filo rete (mm)	diametro filo bordatura (mm)
2,2	2,7
2,7	3,4
3,0	3,9

I valori caratteristici di resistenza della rete metallica dovranno essere i seguenti:

		GABBIONI	MATERASSI
Resistenza a trazione			
parallela alla torsione	(kN/m)	50	37
perpendicolare alla torsione	(kN/m)	26	13
legature di bordo	(kN/m)	20	10
Resistenza a punzonamento	(kN)	27	18

La rete metallica è tessuta con filo in acciaio trafilato, superiore alle UNI-EN 10223-3 per le caratteristiche meccaniche (carico di rottura compreso tra 350 e 550 N/mmq e allungamento minimo pari al 10%) e UNI-EN 10218 per le tolleranze sui diametri, avente un diametro pari 2.70 mm, galvanizzato con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%) conforme all'EN 10244 – Classe A con un quantitativo non inferiore a 245 g/mq. L'adesione della galvanizzazione al filo dovrà essere tale da garantire che avvolgendo il filo sei volte attorno ad un mandrino avente diametro quattro volte maggiore, il rivestimento non si crepa e non si sfalda

sfregandolo con le dita. La galvanizzazione inoltre dovrà superare un test di invecchiamento accelerato in ambiente contenente anidride solforosa (SO2) secondo la normativa UNI ISO EN 6988 (KESTERNICH TEST) per un minimo di 28 cicli. Oltre a tale trattamento il filo sarà ricoperto da un rivestimento di materiale plastico di colore grigio che dovrà avere uno spessore nominale non inferiore a 0,5 mm, portando il diametro esterno ad almeno 3,70 mm.

La resistenza a trazione della rete deve essere superiore a 50 kN/m.

Gli elementi saranno assemblati utilizzando sia per le cuciture sia per i tiranti un filo con le stesse caratteristiche di quello usato per la fabbricazione della rete ed avente diametro pari a 2.20/3.20 mm e quantitativo di galvanizzazione sul filo non inferiore a 230 g/m^2; l'operazione sarà compiuta in modo da realizzare una struttura monolitica e continua. Nel caso di utilizzo di punti metallici meccanizzati per le operazioni di legatura, questi saranno con diametro 3,00 mm e carico di rottura minimo pari a 1700 MPa. Prima della messa in opera e per ogni partita ricevuta in cantiere, l'Appaltatore dovrà consegnare alla D.L. il relativo certificato di origine rilasciato in originale, in cui specifica il nome del prodotto, la Ditta produttrice, le quantità fornite e la destinazione. La conformità dei prodotti dovrà essere certificata da un organismo terzo indipendente (certificazione di prodotto) e l'indicazione "prodotto certificato" e il nome dell'organismo terzo certificatore dovranno comparire sulle etichette di accompagnamento della merce e sui certificati di origine. Terminato l'assemblaggio degli scatolari si procederà alla sistemazione meccanica e manuale del ciottolame, che dovrà essere fornito di idonea pezzatura, né friabile né gelivo, di dimensioni tali da non fuoriuscire dalla maglia della rete.

5.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE

Materiale di riempimento

Il pietrame da usarsi per il riempimento delle gabbionate potrà essere indifferentemente pietrame di cava o ciottoli purché abbia una struttura compatta, non friabile, resistente all'acqua, non gelivo e d'alto peso specifico. Il materiale di riempimento dovrà avere forma omogenea d'opportuna pezzatura conforme a quanto indicato negli elaborati di progetto. Il materiale lapideo da impiegarsi sarà di granulometria tale da non determinare la fuoriuscita degli elementi lapidei dalla maglia e da non ostacolare (per la presenza di elementi di dimensioni eccessive, superiori ai 2/3 dello spessore) un buon addensamento del materiale:

- gabbioni maglia 6x8: granulometria 90-200
- gabbioni maglia 8x10: granulometria 120-220
- materassi: granulometria 90-130

In casi speciali (gabbioni rinverditi) al materiale grossolano sarà associata una componente fine destinata ad intasare i vuoti degli elementi lapidei ed a consentire l'attecchimento delle essenze vegetali.

In particolare il materiale deve essere:

1. non gelivo, alla prova eseguita secondo EN 1367-1 ed EN 1367-2.
2. resistente all'abrasione superficiale alla prova eseguita secondo EN 1097-8,
3. di massa volumica P (≥ 2,3 gr/cm3)
4. di massa volumica reale p (≥ 2,45 gr/cm3)
5. con grado di compattezza C= P/p ≥ 0,95

Preparazione del piano di posa

Immediatamente prima della posa dell'opera di sostegno, l'Impresa deve procedere alla rimozione ed all'asportazione della terra vegetale, facendo in modo che il piano di imposta risulti quanto più regolare possibile, privo di avvallamenti e, in ogni caso, tale da evitare il ristagno di acque piovane. Durante i lavori di scoticamento si deve evitare che i mezzi possano rimaneggiare i terreni di impianto. La regolarità del piano di posa dei rilevati, previa ispezione e controllo, deve essere approvata da parte della Direzione Lavori che, nell'occasione e nell'ambito della discrezionalità consentita, può richiedere l'approfondimento degli scavi di sbancamento, per bonificare eventuali strati di materiali torbosi o coesivi (di portanza insufficiente o suscettibili di futuri cedimenti), o anche per asportare strati di terreno rimaneggiati o rammolliti per inadeguata organizzazione dei lavori e negligenza da parte dell'Impresa.

Salvo diverse e più restrittive prescrizioni, motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato, il modulo di deformazione (o altrimenti detto di compressibilità) Md, determinato sul piano di posa (naturale o bonificato), secondo la norma CNR 146/92, al primo ciclo di carico, nell'intervallo compreso tra 0,05÷0,15 N/mm2, deve risultare non inferiore a:

1. 15 N/mm2 (valore minimo per consentire il corretto costipamento degli strati soprastanti),
2. quando la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della
3. pavimentazione è maggiore di 2,00 m;
4. 20 N/mm2, quando la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione è compresa tra 1,00 e 2,00 m;
5. 30 N/mm2, quando la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione è compresa tra 0.50 e 1,00 m;

Per distanze inferiori a 0.50 m si applicano i requisiti richiesti ai sottofondi.

Per altezze di rilevato superiori a 2 m, o in assenza di infrastrutture a monte dell'opera di sostegno, potranno essere accettati valori inferiori a 15 N/mm2 sempre che sia garantita la stabilità dell'opera e la compatibilità dei cedimenti sia totali che differenziali e del loro decorso nel tempo.

Le caratteristiche di portanza del piano di posa devono essere accertate in condizioni di umidità rappresentative delle situazioni climatiche e idrogeologiche più sfavorevoli, di lungo termine, con la frequenza stabilita dalla Direzione Lavori in relazione all'importanza dell'opera, all'omogeneità del terreno di posa e, comunque, in misura non inferiore ad una prova ogni 5000 m2. Per i materiali a comportamento "instabile" (collassabili, espansivi, gelivi, etc.) la determinazione del modulo di deformazione viene effettuata in condizioni sature.

Posa in opera degli elementi metallici

Si apriranno i pacconi di imballaggio degli elementi scatolari in rete metallica a doppia torsione tagliando con delle cesoie i fili che legano i pacconi stessi e si stenderanno per la lunghezza indicata nei disegni di progetto gli elementi metallici.

Assemblaggio dei Gabbioni

Ogni elemento scatolare estratto dal pacco e riposto su una superficie piatta e rigida dovrà essere aperto e disteso. I diaframmi centrali e i pannelli laterali devono essere portati in

posizione verticale così da formare una scatola aperta. I pannelli dovranno essere legati insieme tramite il filo a diametro più ampio nel pannello centrale o laterale. I diaframmi e i pannelli dovranno essere legati al fronte e al retro di ciascun gabbione. Il filo di legatura dovrà essere ben assicurato ai bordi dell'unità alternando giri singoli a giri doppi per ogni apertura della maglia, ogni 150 mm circa, stringendo bene ogni giro e fissando in fondo il filo alla maglia attorcigliandolo bene. È consigliato l'utilizzo di pinze per rendere più salda la legatura. Se si utilizzano anelli di chiusura, si consiglia l'uso di una pistola pneumatica o manuale per rafforzare le chiusure. Gli anelli dovranno essere posti sia sulla sommità che sul fondo del diaframma centrale ad una distanza massima di 200 mm. Dopo aver preparato il fondo, i gabbioni pre-assemblati vengono posizionati vuoti e connessi a quelli adiacenti per formare una struttura monolitica continua. Vengono posizionati fronte a fronte o schiena a schiena così da facilitarne il riempimento e la chiusura con i coperchi.

Nel caso di manufatti realizzati in curva andranno seguite le seguenti prescrizioni:

6. curva convessa: i paramenti frontali andranno affiancati e legati lungo i bordi laterali, le sponde sagomate opportunamente in funzione del raggio di curvatura e quindi legate;
7. curva concava : i soli paramenti frontali andranno affiancati e legati lungo i bordi laterali,

posteriormente si creerà in funzione del raggio di curvatura uno spazio vuoto tra i gabbioni che si dovrà avere cura di riempire manualmente con pietrame.

Riempimento dei Gabbioni

Per il riempimento degli elementi metallici si dovrà adoperare materiale delle caratteristiche sopra descritte. Al fine di facilitare il riempimento si può predisporre una cassaforma esterna (telaio guida) per il paramento. E' necessario completare la sistemazione del pietrame manualmente in modo da ottenere un riempimento ottimale prestando attenzione a non coprire completamente i diaframmi intermedi. Legare, quindi, il coperchio ai pannelli laterali ed ai diaframmi come descritto precedentemente predisponendo dei tiranti trasversali e/o inclinati di 45° posizionati nel caso di elementi da 0,50 m a metà dell'altezza e nel caso di elementi di 1 m di altezza a 1/3 ed a 2/3 dell'altezza.

Una volta livellate il pietrame di riempimento e minimizzati gli spazi vuoti, chiudere il coperchio, stringendo bene i lati del gabbione utilizzando, se necessario, gli attrezzi appropriati.

Il filo di legatura del coperchio dovrà essere attorcigliato due volte lungo i bordi dei vari lati del gabbione e lungo il diaframma centrale. I coperchi dovranno essere stretti saldamente lungo i lati del gabbione e alla sommità di ciascun diaframma. I coperchi adiacenti dovranno essere collegati. I coperchi dovranno essere attaccati saldamente attraverso il filo di legatura o gli anelli di chiusura.

5.3 INDICAZIONI SULLA VITA UTILE DEI PRODOTTI E DELLE OPERE

A ciascuna applicazione deve essere associato un tempo di vita utile, inteso, in accordo con la definizione data nel Cp.4 del D.M. 14/01/2008, come il periodo di tempo durante il quale l'opera mantiene, con interventi di manutenzione programmata, prestazioni compatibili con i requisiti essenziali richiesti.

Alla vita utile così definita devono essere adattati i criteri di progetto con particolare riferimento a quelli della rete e dei sistemi di protezione dalla corrosione dei fili metallici.

In generale la vita utile di un'opera dovrà essere riferita anche alla possibilità che per essa siano consentiti o meno sostituzioni di componenti o ripristini con operazioni di manutenzione ordinaria, nonché alle condizioni di aggressività ambientali. Uno schema di riferimento per il rispetto della prima condizione può essere ricavato dal seguente prospetto.

Tipo di opera	vita utile (minima)
1 - Opere caratterizzate da media difficoltà di manutenzione (es. reti paramassi)	25 anni
2 - Opere caratterizzate da componenti difficilmente sostituibili senza rifacimento totale (es.opere di sostegno, idrauliche),	50 anni
3 - Elementi non ispezionabili nè sostituibili (es. muri in terra rinforzata)	50 anni

Per opere temporanee la durata di vita utile e' indicativamente fissata in 10 anni.

La scelta del materiale da adottare e della sua protezione dovrà derivare dalla combinazione tra i requisiti di vita utile richiesti dal tipo di opera come indicato nel precedente prospetto e dalle condizione di aggressività degli ambienti nella quale l'opera verrà inserita così come definiti nel Cap. 4 del D.M. 14.1.2008, secondo i criteri di seguito indicati:

Condizioni ambientali	tipo di opera	tipo di rivestimento
ordinarie	1	Forte zincatura
aggressive	1 e 2	Forte lega ZN – al 5%
molto aggressive	1 e 2	Forte lega ZN – al 5% e rivestimento plastico
qualsiasi	3	Forte lega ZN – al 5% e rivestimento plastico

Valutazioni diverse potranno eventualmente essere fatte in relazione alla specifica applicazione della rete, purché si ottengano prestazioni e durabilità equivalenti.

In ambienti dove è potenzialmente prevista la presenza di correnti vaganti, ad esempio in prossimità di impianti, linee ferroviarie e/o di campi di dispersione elettrica, e' opportuno adottare un livello di protezione massima, anche mediante uso di rivestimento polimerico, a meno di specifiche verifiche di dettaglio della particolare situazione in esame.

Per la definizione della vita utile di opere di difesa idraulica si dovrà tener specificatamente conto del possibile danneggiamento della rete per abrasione da parte del trasporto solido e della maggiore o minore facilità di eseguire eventuali ripristini e quindi prevedere in fase di progetto accorgimenti tecnici opportuni.

5.4 CONTROLLO QUALITÀ GABBIONI

5.4.1 Attività preliminari e generali

Il Responsabile di C.Q. dell'Appaltatore, prima dell'inizio di ogni attività in cantiere, dovrà adottare un P.C.Q. specifico dell'attività.

Per ogni opera di difesa costituente l'opera andrà compilato il PCQ a cura del Responsabile del controllo qualità dell'Appaltatore.

Sul certificato allegato al suddetto P.C.Q. saranno annotati gli esiti di tutte le prove o verifiche eseguite in corso d'opera.

Eventuali P.C.Q. necessari per la gestione delle attività non inclusi tra i documenti di contratto dovranno essere sottoposti, preventivamente e con opportuno margine di tempo,15 gg. all'approvazione della Direzione Lavori, prima dell'inizio delle operazioni di posa in opera.

Prima dell'inizio dei lavori e per tutte le categorie di opere, il responsabile di C.Q. dovrà verificare che:

1. siano state richieste alle competenti Autorità, con debito margine di tempo, tutte le autorizzazioni necessarie ai lavori, così come specificato dalla normativa vigente e dai capitolati contrattuali.
2. siano pervenute alla data di inizio lavori le autorizzazioni di cui sopra, e che queste siano presenti in cantiere, in accordo alle modalità prescritte dalla normativa vigente.
3. siano state qualificate le fonti di approvvigionamento dei materiali, in accordo ai relativi P.C.Q.
4. siano stati qualificati ed accettati i materiali provenienti dalle suddette fonti.
5. siano stati notificati per iscritto alla Direzione Lavori i nominativi e l'identificazione rispettivamente del fornitore delle reti e della cava di approvvigionamento e l'avvenuta notifica sia stata annotata sul certificato allegato al P.C.Q.

Questi accertamenti saranno contenuti ed annotati sul certificato relativo al P.C.Q di cui sopra.

A causa della particolarità e disuniformità di alcune opere di difesa, la frequenza, le modalità ed il numero dei controlli, ove non indicato, potrà essere meglio specificata dalla Direzione Lavori solo dopo l'esame del progetto.

5.4.2 Qualifica dei materiali

5.4.2.1 Elementi in rete metallica e pietrame

Tutti i singoli elementi di gabbioni e materassi in pietrame, dovranno essere conformi a quanto specificato al capitolo 5.

La certificazione di qualità sarà allegata ai PCQ relativi all'opera in realizzazione.

Le verifiche di C.Q. richieste sono come di seguito elencate;

a. Qualifica della cava

La cava dalla quale dovrà provenire il pietrame di riempimento dovrà essere qualificato seguendo le modalità di qualificazione riportate nelle specifiche di C.Q. relative agli aggregati per calcestruzzo riportate nella Sezione "Opere di conglomerato cementizio".

In sede di qualificazione, oltre alle verifiche sulla capacità organizzativa/operativa e di controllo della cava, si dovrà anche verificare che le caratteristiche del materiale da fornire, rispondano ai seguenti requisiti:

non gelivo, alla prova eseguita secondo le Norme del R.D. 16/11/39 n. 2232.

non friabile,

non dilavabile,

di buona durezza,

di massa volumica (maggiore di 2000 kg/m^3 per i materassi)

Le prove sulle suddette caratteristiche saranno eseguite nel laboratorio di cava, approvato in sede di qualifica, o in altro laboratorio comunque approvato dalla DIREZIONE LAVORI.

Le prove in corso di fornitura saranno eseguite su lotti quantitativamente definiti dal Responsabile di C.Q. in funzione delle caratteristiche della cava e delle dimensioni delle opere da realizzare.

E' comunque prescritta l'esecuzione delle prove per ogni lotto di fornitura di almeno 1000 m^3.

Quanto sopra sarà riportato ed allegato al relativo P.C.Q.

b. Qualifica delle reti metalliche

I prodotti dovranno essere acquistati da fornitori qualificati dall'Appaltatore e per ogni partita inviata il fornitore dovrà certificare

1. la conformità alle norme UNI 8018, della maglia;
2. la conformità alle Norme UNI 3598, del filo di ferro, fortemente zincato;
3. la rispondenza alla Circ. del Cons. Sup. LL.PP. 27/8/62

Il Responsabile di C.Q. dell'Appaltatore, dovrà controllare l'esistenza delle suddette certificazioni, annotare l'esito sul certificato ed allegare tutte le certificazioni al PCQ. Nel caso che il manufatto debba essere impiegato in acque particolarmente aggressive (acque marine o acque inquinate), si dovrà verificare che il filo costituente la rete sia rivestito in PVC con spessore di 0,4-0,6 mm.

Tale verifica sarà effettuata sulla base della certificazione del fornitore della rete attestante la qualità del rivestimento.

La certificazione dovrà essere allegata al P.C.Q.

5.4.2.2 Pietrame, massi e pietrame minuto

Tutti i singoli elementi di gabbioni, materassi e elementi strutturali per terre rinforzate, dovranno essere conformi a quanto specificato ai punti precedenti.

La certificazione di qualità e i certificati di origine dei materiali dovranno essere consegnati alla Direzione Lavori.

Le verifiche di C.Q. richieste sono come di seguito elencate:

a. Qualifica della cava per il pietrame

La cava dalla quale dovrà provenire il pietrame di riempimento dovrà essere qualificata seguendo le modalità di qualificazione riportate nelle specifiche di C.Q. relative agli aggregati per calcestruzzo.

In sede di qualificazione, oltre alle verifiche sulla capacità organizzativa/operativa e di controllo della cava, si dovrà anche verificare che le caratteristiche del materiale da fornire, rispondano ai seguenti requisiti: :

1. non gelivo, alla prova eseguita secondo EN 1367-1 ed EN 1367-2.
2. resistente all'abrasione superficiale alla prova eseguita secondo EN 1097-8,
3. determinazione della massa volumica P (≥ 2,3 gr/cm3)
4. determinazione della massa volumica reale p (≥ 2,45 gr/cm3)
5. verifica del grado di compattezza C= P/p ≥ 0,95

Le prove sulle suddette caratteristiche saranno eseguite nel laboratorio di cava, approvato in sede di qualifica, o in altro laboratorio comunque approvato dalla Direzione Lavori.

Le prove in corso di fornitura saranno eseguite su lotti quantitativamente definiti dal Responsabile di C.Q. in funzione delle caratteristiche della cava e delle dimensioni delle opere da realizzare.

E' comunque prescritta l'esecuzione delle prove per ogni lotto di fornitura di almeno 1000 m3.

Quanto sopra sarà riportato ed allegato al relativo P.C.Q.

b. Qualifica del materiale da rilevato

Il materiale da rilevato dovrà essere qualificato seguendo le modalità di qualificazione riportate nelle specifiche di C.Q..

Deve essere effettuata l'identificazione della natura e dello stato delle terre (provenienti dalle zone di scavo e dalle cave di prestito) per la valutazione dell'attitudine al particolare impiego, prevedendo le seguenti prove di laboratorio:

1. granulometria e limiti di Atterberg, per la classificazione secondo la norma CNRUNI 10006/63;
2. contenuto d'acqua naturale (CNR-UNI 10008/63) e consistenza;
3. costipamento AASHTO Standard e/o Modificato (CNR69/78) al variare del contenuto d'acqua, con individuazione della densità massima del secco (γs max) e dell'umidità ottimale di costipamento (wopt);
4. analisi granulometriche comparative, prima e dopo la prova di costipamento, limitatamente ai materiali per i quali si sospetta la presenza di componenti fragili o instabili;
5. indice di portanza CBR, secondo modalità di prova che tengano conto della destinazione del materiale, dei rischi di imbibizione da venute d'acqua (gravitazionale e/o di capillarità) e del prevedibile grado di addensamento. Per valutare gli effetti delle

variazioni di umidità e del grado d'addensamento sulla portanza degli strati realizzati, la Direzione dei lavori, in relazione alle esigenze di posa in opera ed anche ai fini dei controlli di portanza, ha la facoltà di richiedere lo studio CBR completo, a diverse energie ed umidità di costipamento, secondo la norma SN670320b.

c. Qualifica delle reti metalliche

Le reti metalliche a doppia torsione devono essere prodotte con un sistema di gestione della qualità del prodotto, che sovrintende al processo di fabbricazione del produttore, predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001.2000 (controllo permanente della produzione in fabbrica) che deve assicurare il mantenimento della costanza e la affidabilità delle prestazioni indipendentemente dal processo di produzione.

Per impieghi con alti requisiti di sicurezza (ad esempio opere di sostegno, in terra rinforzata) il sistema di gestione della qualità del prodotto, che sovrintende al processo di fabbricazione del produttore deve essere certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012.

La conformità dei prodotti dovrà essere certificata da un organismo terzo indipendente (certificazione di prodotto) e l'indicazione "prodotto certificato" e il nome dell'organismo terzo certificatore dovranno comparire sulle etichette di accompagnamento della merce e sui certificati di origine.

Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dal predetto certificato. I prodotti dovranno essere acquistati da fornitori qualificati dall'Appaltatore e per ogni partita inviata il fornitore dovrà certificare, tramite apposito "Certificato di origine" in originale:

1. la conformità alle norme UNI EN 10223-3, della maglia;
2. la conformità alle Norme UNI EN 10244-2 e 10245-2, del filo di ferro protetto con lega Zinco-Alluminio e rivestimento in pvc;
3. la rispondenza alla "Linee Guida per la redazione di Capitolati per l'impiego di rete metallica a doppia torsione" emesse dalla Presidenza del Consiglio Superiore LL.PP., Commissione relatrice n°16/2000, il 12 Maggio 2006;
4. eventuale marcatura CE in accordo con la Direttiva europea 89/106/CEE con impieghi previsti: opere di sostegno, sistemazioni fluviali, sistemi di controllo dell'erosione, barriere fonoassorbenti e opere a carattere architettonico.

Il Responsabile di C.Q. dell'Appaltatore, dovrà controllare l'esistenza delle suddette certificazioni ed etichettature. Tale verifica sarà effettuata sulla base della certificazione del fornitore della rete.

La certificazione dovrà essere allegata al P.C.Q.

5.4.3 Materiali di risulta

Nel caso che la realizzazione di opere implichi l'allontanamento di materiali di risulta, il responsabile di C.Q. dovrà accertarsi, ed annotarlo su P.C.Q., che il materiale sia trasportato in discariche autorizzate.

5.4.4 Lavori in conglomerato cementizio

Per le tipologie e le modalità di controllo si rimanda alla specifica di C.Q. relative alle opere in conglomerato cementizio "Opere di conglomerato cementizio"

5.4.5 Rivestimenti in fascioni di frasche

Per questa tipologia di lavori, il responsabile di C.Q. dovrà effettuare le seguenti verifiche, con cadenza giornaliera e per ogni lotto di lavoro.

1. Verifica delle legature dei fascioni.
2. Controllo delle modalità di fissaggio in opera dei fascioni secondo il punto sopra citato.

I risultati debbono essere annotati sul P.C.Q.

5.4.6 Posa in opera dei gabbioni,

Durante l'esecuzione dei lavori saranno effettuate le seguenti verifiche:

1. verifica dell'esistenza del certificato di analisi della pezzatura del pietrame. Questa deve essere compresa tra 1-2 volte la dimensione della maglia della rete impiegata, salvo quanto diversamente specificato nel progetto, e sarà specificata nell'ordine di fornitura alla cava. Questa prova sarà eseguita in cava e ne dovrà essere redatto apposito certificato accompagnante ogni lotto di fornitura.
2. verifica a campione secondo quanto richiesto dalla Direzione Lavori, sul lotto giornaliero di lavori, della conformità delle legature degli elementi a quanto prescritto dal presente Capitolato, sia sui singoli elementi che sugli accoppiamenti e sulle inserzioni di diaframmi di rinforzo.
3. verifica a campione, sul lotto giornaliero di lavori, dell'inserimento di tiranti tra le pareti opposte di ogni singolo elemento di gabbione o elemento di rinforzo, nel caso che questo non sia munito di diaframmi intermedi.

5.4.7 Posa in opera del rilevato

In corso d'opera, sia per le necessità connesse alla costruzione degli strati in terra, particolarmente per quanto riguarda il costipamento, sia per evidenziare che non abbiano a verificarsi derive nella qualità dei materiali, devono essere effettuate prove di controllo su campioni prelevati in contraddittorio con la Direzione dei lavori.

Il numero dei campioni dipende dall'eterogeneità dei terreni interessati; per ogni approvvigionamento omogeneo la numerosità delle prove di attitudine deve rispettare i criteri quantitativi riportati nella seguente tabella:

Tabella 5.1: Frequenza dei controlli delle forniture dei materiale (numero prove ogni x m^3)

Destinazione	Rilevato		Sottofondo		Massicci rinforzati	
Tipo di prova	Primi 10000 m^3	Ulteriori m^3	Primi 5000 m^3	Ulteriori m^3	Primi 5000 m^3	Ulteriori m^3
Classificazione (CNR-UNI 10006/63)	2.000	5.000	500	2.000	500	2.000
Umidità naturale	500	1.000	200	500	200	500
Costipamento AASHO (CNR 69/78)	5.000	10.000	1.000	5.000	1.000	5.000

Controllo della densità e della portanza

Il livello prestazionale degli strati posti in opera può essere accertato, in relazione alla granulometria del materiale impiegato, attraverso il controllo dell'addensamento raggiunto, rispetto al riferimento desunto dalle prove AASHTO di laboratorio, e/o attraverso il controllo della capacità portante.

Le prove di controllo della portanza devono essere effettuate mediante misure del modulo di deformazione Md, al primo ciclo di carico, secondo quanto previsto dalla norma CNR 146/92.

Il controllo mediante misure di densità in sito può essere applicato soltanto se, come previsto dalla norma CNR 69/1978, la frazione di materiale trattenuta al crivello 25 UNI 2334 non supera il 35% della massa totale.

In questo caso le prove di controllo in cantiere riguardano:

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

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

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

In alternativa, od anche ad integrazione delle misure di modulo di deformazione, il controllo della portanza degli strati finiti può essere effettuato mediante misure di deflessione, operando con la trave di Benkelmann (CNR 141/92) o con mezzi ad elevato rendimento. Le soglie da raggiungere debbono essere determinate, preliminarmente, sulla base delle correlazioni stabilite in campo prova tra il parametro misurato in questi casi ed il modulo di deformazione, tenuto conto della struttura e della natura della terra in questione.

Le misure di deflessione (anche quelle puntuali) risultano, generalmente, più rapide dalle misure di modulo di deformazione e, pertanto, si prestano bene se occorre determinare la distribuzione spaziale della portanza dei sottofondi realizzati ed il sezionamento della strada in tronchi omogenei di portanza.

La compattazione degli strati deve risultare tale da garantire una densità, sull'intero spessore non inferiore al 90% (95% nel caso di strati di sottofondo) della densità massima individuata mediante la prova AASHO Mod. (CNR 69/78), mentre il modulo di deformazione determinato in accordo alla norma CNR 146/92 deve risultare non inferiore a 50 N/mm2.

Il modulo di deformazione (o altrimenti detto di compressibilità) Md, determinato sul piano di posa (naturale o bonificato), secondo la norma CNR 146/92, al primo ciclo di carico, nell'intervallo compreso tra 0,05÷0,15 N/mm2, deve risultare non inferiore a:

− 15 N/mm^2 (valore minimo per consentire il corretto costipamento degli strati soprastanti), quando la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione è maggiore di 2,00 m;
− 20 N/mm^2, quando la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione è compresa tra 1,00 e 2,00 m;
− 30 N/mm^2, quando la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione è compresa tra 0.50 e 1,00 m;

Per distanze inferiori a 0.50 m si applicano i requisiti richiesti ai sottofondi.

Per altezze di rilevato superiori a 2 m, o in assenza di infrastrutture a monte dell'opera di sostegno, potranno essere accettati valori inferiori a 15 N/mm^2 sempre che sia garantita la stabilità dell'opera e la compatibilità dei cedimenti sia totali che differenziali e del loro decorso nel tempo.

Dato che la portanza di una terra dipende dal suo contenuto d'acqua in misura più o meno grande in relazione alla natura della terra stessa, i livelli prestazionali indicati precedentemente si riferiscono a contenuti d'acqua compresi tutti nell'intervallo:

$w_{opt} - 2{,}0\% < w < w_{opt} + 2{,}0\%$ (w_{opt}, da prove AASHTO di laboratorio)

Se il contenuto d'acqua del materiale al momento delle prove dovesse risultare esterno all'intervallo sopra specificato, la capacità portante può essere stimata a partire dalle misure effettuate e tenendo opportunamente conto dell'influenza dell'umidità. Ciò richiede che per il dato materiale siano determinate preliminarmente nel rilevato di prova le correlazioni tra la capacità portante e l'umidità del materiale.

Quando le suddette correlazioni non siano state determinate, nel caso delle prove di carico con piastra (o di deflessione) occorre ricondurre il contenuto d'acqua del materiale (per uno spessore di almeno 15 cm) all'interno dell'intervallo sopraindicato.

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

Le prove di controllo sono effettuate nei posti indicati dalla Direzione Lavori e formano oggetto di apposito verbale.

Salvo documentate prescrizioni del Direttore dei Lavori, la frequenza delle prove deve rientrare negli intervalli indicati nella seguente tabella:

Tabella 5.2: Frequenza dei controlli sugli strati finiti (numero prove ogni x m^3)

Tipo di prova	RILEVATO		SOTTOFONDO		
	Primi 5.000 m^3	Ulteriori m^3	Primi 5.000 m^2	Ulteriori m^2	Superficie m^2
Densità	500 – 1.000	3000-5.000	350 - 500	1000	-
Modulo M_d (2)	1.000-1500 (1)	5000 (1)	-	-	500 -1000

(1) Solo nel caso in cui non è possibile procedere al controllo mediante misure di densità
(2) Distanziamento tra le sezioni in cui ricadono i punti di misura nel profilo longitudinale

Per ciascun tipo di prova di controllo, nel caso in cui il numero delle misure risulti inferiore a 5, come può avvenire per lavori di entità molto modesta, tutti i valori misurati debbono rispettare le soglie minime riportate precedentemente.

Negli altri casi si può accettare che su 5 risultati d'una stessa prova di controllo una possa non rispettare i valori minimi richiesti, purché lo scostamento di tali valori non ecceda:

− il 5%, per le misure di densità secca γs;

− il 10%, per le misure di portanza (modulo Md o altra grandezza).

Tolleranze sui piani di progetto

l'Impresa è tenuta a rispettare le seguenti tolleranze d'esecuzione sui piani finiti:

− ± 2% per la pendenza delle scarpate di trincea e di rilevato;

− ± 3 cm, per i piani di sottofondo;

− ± 5 cm, per i piani di appoggio degli strati di sottofondo;

− ± 10 cm, per i piani delle scarpate, sia nel caso vengano rivestite con terra vegetale, sia in caso contrario.

La misura delle tolleranze va eseguita mediante regolo di 4 m di lunghezza, disposto secondo due direzioni ortogonali; gli scostamenti vanno letti in direzione normale ai piani considerati.

I controlli di esecuzione sono effettuati di norma:

− ogni 500 m2, per le scarpate ed i piani di appoggio degli strati di sottofondo

− ogni 200 m2, per i piani di posa della pavimentazione.

5.4.8 Opere in pietrame: controlli dei massi e loro posizionamento

Il responsabile di C.Q. dovrà effettuare, prima della loro posa in opera, i seguenti controlli:

classificazione mediante pesatura e segnatura, con la bascula disponibile in cantiere, e suddivisione secondo quanto richiesto dalla Direzione Lavori, dei massi in base alle categorie riportate, al punto 2.2.3.3 da effettuare a campione, fino ai massi di 2ª categoria.

Ogni cumulo dovrà riportare chiare indicazioni sulla classe dei massi in esso contenuti.

Verifica dell'assenza di rotture o lesioni, da effettuare a campione per i massi fino alla seconda categoria e su ogni singolo masso per le categorie superiori.

Controllo che venga rispettato il posizionamento dei massi secondo le dimensioni, così come prescritto dal presente Capitolato è la ripartizione proporzionale delle varie categorie prescritta dal progetto.

Provvedere all'eliminazione incondizionata di tutti i massi che, durante la posa, dovessero cadere fuori sagoma.

L'attuazione dei controlli suddetti, da effettuare almeno sul lavoro svolto giornalmente, sarà riportata per ogni lotto di lavoro giornaliero sul P.C.Q.

6 CUNETTE, TUBAZIONI DI DRENAGGIO E ACCESSORI

6.1 CUNETTE

Per agevolare lo smaltimento delle acque piovane ed impedire infiltrazioni dannose all'interno del corpo stradale, è prevista, ove necessario, la sistemazione e la costruzione di cunette.

La formazione della cunetta potrà avvenire con elementi prefabbricati o gettati in opera in conglomerato cementizio, le cui caratteristiche saranno prescritte dal progettista. Questa opera comprenderà la regolarizzazione del piano di posa, la fornitura degli elementi prefabbricati/ getto del manufatto, la sigillatura dei giunti con malta cementizia e quanto altro necessario per dare i lavori finiti.

Per le opere in conglomerato cementizio si rimanda alla Sezione "Opere di conglomerato cementizio".

6.2 TUBAZIONI IN CALCESTRUZZO PREFABBRICATE

6.2.1 Generalità

Per le condotte di acque bianche saranno utilizzati tubi in calcestruzzo semplice a sezione circolare con o senza piede d'appoggio. Potranno essere eccezionalmente usati tubi in calcestruzzo per liquami o acque chimicamente aggressive solo se i tubi saranno internamente protetti con rivestimenti anticorrosivi. Tubi circolari di diametro fino a 300 mm, con fori laterali, passanti di diametro compreso entro 10 o 20 mm saranno utilizzati per drenaggi od aggottamenti.

Qualora l'Impresa, nel proprio interesse o di sua iniziativa, impieghi materiali di dimensioni, consistenza o qualità superiori a quelle prescritte, ciò non darà diritto ad un aumento dei prezzi ed i tubi saranno pagati in base alle dimensioni del progetto e con i prezzi dell'Elenco.

I tubi dovranno essere fabbricati da Ditta specializzata in apposito stabilimento approvato dalla Direzione Lavori, adoperando idonee apparecchiature in modo che il prodotto sia uniforme, omogeneo e conforme a queste specifiche; la Direzione dei Lavori si riserva il diritto di eseguire in detti stabilimenti tutti i controlli e le prove che ritiene necessarie senza che ciò rilevi l'Impresa dalle sue responsabilità o diano diritto ad una maggiorazione dei prezzi.

L'Impresa è tenuta ad osservare le tolleranze indicate nelle "Norme per i tubi di cemento armato ordinario per condotte in pressione" elaborato dall'Associazione Nazionale di Ingegneria Sanitaria (A.N.D.I.S.) ed in particolare le seguenti.

Le tubazioni che presentino, rispetto alle dimensioni di progetto, differenze maggiori delle tolleranze ammesse, saranno rifiutate a giudizio insindacabile della Direzione dei Lavori e l'Impresa dovrà allontanare dal cantiere gli elementi rifiutati:

a) differenze dell'asse della tubazione:
   per elementi < 1 m sino a 3 mm
   per elementi > 1 m sino a 2 mm per m
   bicchieri, incastri e superfici esterne di giunzione sino a 2 mm

b) differenze nel diametro:
diametro interno sino a 5 mm
bicchieri, incastri e superfici esterne di giunzione
diametro ed esterno sino a 2 mm

c) differenze nella lunghezza:
per elementi < 1 m sino a 5 mm
per elementi > 1 m sino a 2 mm per m
bicchieri, incastri e superfici esterne dei bicchieri sino a 2 mm

d) scostamento angolare delle testate dal pianto verticale perpendicolare all'asse:
per tubazioni ø < 500 mm sino a 5 mm
per tubazioni ø > 500 mm sino a 10 mm

6.2.2 Tubazioni prefabbricate

6.2.2.1 Tubazioni prefabbricate in calcestruzzo semplice (tubi di cemento normali)

La lunghezza dei tubi sarà di norma pari a 1000 mm; sono ammesse maggiori lunghezze purché multiple di 500 mm.

I giunti potranno essere a maschio e femmina per qualunque diametro. Lo spessore minimo dei tubi sarà compreso entro 25 e 60 mm. Il calcestruzzo utilizzato nella confezione delle tubazioni sarà di classe C.

6.2.2.2 Tubazioni prefabbricate centrifugate, vibrocompresse o simili

I tubi dovranno essere armati per i diametri superiori a 1000 mm, per i diametri inferiori potranno essere non armati su autorizzazione della Direzione Lavori. L'armatura può essere semplice o doppia, costituita da due serie di ferri disposti tra di loro tali da creare una rete a maglia quadrata o rettangolare.

Dovrà comunque essere garantito un ricoprimento minimo dei ferri di 15 mm. I diametri ed il passo della rete di armatura dovranno essere sufficienti a garantire i carichi di fessurazione e di rottura stabiliti dalle prove di collaudo. I tubi dovranno essere fabbricati in officina od in cantieri attrezzati allo scopo di garantire uniformità di caratteristiche e qualità del prodotto finito. In base al processo di prefabbricazione, i tubi potranno essere vibrocompressi, centrifugati o turbocompressi.

La stagionatura potrà avvenire naturalmente a contatto con l'aria oppure artificialmente in acqua o con vapore.

La lunghezza minima delle tubazioni sarà di 2 m e lunghezze inferiori potranno essere accettate se approvate dalla Direzione Lavori. Lo spessore delle tubazioni non potrà essere inferiore a quello indicato nei disegni di progetto.

Tutte le tubazioni prefabbricate dovranno essere contrassegnate con:

- nome del costruttore e marchio della fabbrica;
- data di produzione;
- tipo e dimensioni del tubo.

6.2.2.3 Controlli e prove sulle tubazioni prefabbricate

Salvo le prove sui calcestruzzi, gli elementi prefabbricati saranno sottoposti a controlli e prove dirette in modo da verificare la corrispondenza della qualità e dell'uniformità dei manufatti.

Le prove saranno eseguite su almeno tre tubi di ogni tipo e per ogni diametro. Se durante il controllo un tubo non rispondesse alle prescrizioni contrattuali, si ripeterà la prova su un numero doppio.

I tubi saranno prelevati dalla partita da fornire sia in fabbrica che in cantiere. Detti tubi saranno forniti gratuitamente dall'Impresa.

Alla scelta dei tubi da sottoporre alle prove si procederà di comune accordo tra l'Impresa e la Direzione Lavori. I tubi prescelti saranno marcati, numerati e catalogati prima di eseguire le prove.

I tubi innanzitutto saranno sottoposti ad un controllo dimensionale: diametro, spessore, lunghezza, angolo di curvatura e deviazioni delle superfici frontali, in modo da verificare se le misure del manufatto sono entro i limiti di tolleranze.

Le altre prove saranno eseguite da un Istituto specializzato, scelto dalla Direzione Lavori, il quale emetterà un certificato dei risultati ottenuti sui campioni.

Si potranno altresì eseguire le prove anche presso lo stabilimento di produzione qualora ivi esistano le idonee apparecchiature, e sempre in presenza della Direzione Lavori. I costi delle prove sono a carico dell'Impresa.

I tubi utilizzati per le prove devono essere asciutti indipendentemente dall'età: tuttavia a richiesta della Direzione Lavori, le prove di schiacciamento possono essere eseguite su tubi bagnati, tenendoli immersi in acqua per almeno 1 settimana qualora siano disponibili allo stadio di media umidità.

Le prove eseguite su tubi che non siano asciutti o saturi nel senso sopra indicato, non sono ritenute valide.

Prove di impermeabilità

Verrà eseguita riempiendo un tubo con acqua alla pressione di 50 kPa per la durata di 15 minuti, verificando che durante tutta la durata della prova non si verifichino fessurazioni o trasudamento di acqua.

Prove di rottura per schiacciamento

La prova può essere eseguita su un tubo intero oppure su un tronco cilindrico dello stesso, lungo non meno di 1 m.

La resistenza allo schiacciamento è definita da due carichi:

- carico di fessurazione
- carico di rottura.

Il carico di fessurazione è quello che provoca l'apparizione di fessure lungo le generatrici aventi apertura di almeno 0,25 mm su di una lunghezza di almeno 300 mm. Il carico di rottura è quello sopportato prima dello schiacciamento, cioè prima che il provino non sia capace di sopportare un ulteriore carico.

Il carico di fessurazione e di rottura non dovranno risultare inferiori ai limiti seguenti in N/m:

- carico di fessurazione 60 x DN
- carico di rottura 100 x DN

con DN espresso in millimetri.

Il provino deve essere provato con il metodo delle tre generatrici, con un dispositivo tale da garantire l'uniforme distribuzione del carico applicato con un incremento del 10% del carico totale per minuto e deve essere mantenuto per il tempo strettamente necessario per compiere le osservazioni volute. L'appoggio inferiore del provino dovrà essere costituito da due travetti in legno con le facce verticali interne arrotondate con raggio di circa 10 mm nello spigolo superiore; i travetti dovranno essere diritti e saldamente fissati su una base rigida. La distanza tra i due travetti dovrà essere pari a 1/12 del diametro interno del tubo.

Prima di appoggiare il provino si potrà rettificare la superficie di appoggio con uno straterello di malta dello spessore non superiore a 25 mm.

Il carico viene applicato superiormente tramite un travetto di legno ben quadrato e liscio, esente da nodi, delle dimensioni di circa 150 x 150 mm e fissato superiormente ad una trave metallica a doppio T di dimensioni tali da rendere trascurabili le deformazioni elastiche.

Si può anche superiormente applicare uno strato di malta analogo a quello inferiore ed anche in questo caso il montaggio deve essere fatto quando la malta è ancora plastica. La resistenza del provino espressa in kg/m, viene riferita alla lunghezza utile del provino cioè:

$$R = \frac{\text{Carico di prova}}{\text{Lunghezza utile}}$$

La larghezza delle fessure è misurata con una lamina metallica. Essa dovrà penetrare liberamente per almeno 15/10 mm a brevi intervalli per la lunghezza indicata di 300 mm.

Motivi di rifiuto

I tubi potranno essere rifiutati nei seguenti casi:

perché non rispondono alle prescrizioni di dimensionamento e relative tolleranze ed alle prescrizioni di fabbricazione di cui alle presenti norme;

- per esito negativo delle prove di accettazione;
- per manifesti difetti di proporzionamento dei componenti del calcestruzzo;
- per mancanza di tenuta dei giunti;
- per danneggiamento delle testate che non consentano di effettuare una giunzione a regola d'arte.

In tali casi la Ditta sarà tenuta a sostituire prontamente il materiale rifiutato con altro rispondente alle norme contrattuali, con l'avvertenza che, nel caso non provvedesse tempestivamente l'Amministrazione potrà provvedere d'ufficio avvalendosi del deposito cauzionale, salva e impregiudicata ogni altra azione legale per qualsiasi danno dovesse derivare all'Amministrazione Appaltante dalla inadempienza del contratto.

6.3 TUBAZIONI IN POLIETILENE ALTA DENSITA' (P.E.A.D.)

6.3.1 Generalità

Per condotte di acque potabili così come per scarichi di acque aggressive provenienti da stabilimenti o fabbriche potranno essere usate tubazioni in polietilene ad alta densità (P.E.A.D.) ricavate per estrusione da materiali conformi a quanto specificato più sotto, con diametri fino a 1200 mm.

6.3.2 Materiali

Il materiale base per la produzione di tubi estrusi e dei relativi pezzi speciali di polietilene ad alta densità dovrà presentare le seguenti caratteristiche e proprietà:

CARATTERISTICHE E PROPRIETÀ	PARAMETRI DI RIFERIMENTO	VALORE	NOTE
Proprietà fisiche	Massa volumetrica (UNI 7092/75)	945 ÷ 965 kg/m^3	
Proprietà meccaniche a 20°C	Carico di snervamento (UNI 5819.66)	24 N/mm^2 (24 MPa)	
	Allungamento allo snervamento (UNI 5819.66)	< 20%	
	Carico di rottura	35 N/mm^2 (35 MPa)	
	Allungamento a rottura	800%	
	Durezza Shore D	63	
	Resistenza	nessuna rottura	
	Modulo di elasticità a trazione (UNI 5819.66)	900 N/mm^2 (900 MPa)	
Proprietà termiche	Coefficiente di dilatazione termica lineare (UNI 6061-67)	0,2 mm/m·°C	
	Conduttività termica (DIN 52612)	1,97 KJ/m·h·°C *(0,47 Kcal/m·h·°C*)	
	Calore specifico	2.30 KJ/kg·°C *(0,55 Kcal/kg·°C)*	
Proprietà elettriche	Costante dielettrica relativa	2,4 - 2,5	
	Resistenza dielettrica	800 kV/cm	
	Resistività elettrica superficiale (UNI 4288.72)	10^{15} Ohm·cm	
Additivi Stabilizzanti: Nerofumo	Massa volumica	1,5 ÷ 2 g/m^3	Nerofumo stabilizzato con agenti antinvecchiamento. Il materiale deve essere stabile alla luce.
	Dimensione media delle particelle di nerofumo	0,10 ÷ 0,025 10^{-6} m	

Resistenza alle aggressioni chimiche e biologiche	Il materiale dovrà essere insolubile, a 20°, in tutti i solventi organici. Può essere attaccato, a temperatura ambiente, solo da agenti fortemente ossidanti (acido nitrico, solforico, ecc. concentrati) e deve essere inattaccabile dai batteri e/o da altri agenti biologici. Riferimento ISO/TC 138 (Segretariato 351) n° 556 E, dicembre 1976, per le indicazioni generali sulla resistenza chimica nella veicolazione di fluidi chimici.

6.3.3 Classi e dimensionamento delle tubazioni

Le tubazioni ad alta densità saranno suddivise in 4 classi in modo da corrispondere alle seguenti pressioni interne per acqua ad altri fluidi non aggressivi:

PROVA DEI TUBI		
Classe	Pressione di prova	
	kPa	*Bar*
1	250	*2.5*
2	320	*3.2*
3	600	*6*
4	1000	*10*

Le tubazioni dovranno essere fornite in barre di lunghezza di 8 o 12 m preparate per la saldatura di testa ed in rapporto alla facilità di trasporto delle stesse entro l'area dei lavori.

I diametri nominali, gli spessori ed i pesi unitari dei tubi, sono riportati nella tabella che segue:

Diametro esterno (mm)	Spessore S (mm)	Peso (kg/m)
110	3.5	1.20
125	3.9	1.52
160	5.0	2.47
200	6,2	3.81
250	7.8	5.99
315	9.8	9.45
400	12.4	15.20
500	15.5	23.60
630	19.6	37.60
710	22.0	47.60
800	24.9	60.60
900	28.0	77.00
1000	31.0	94.30
1200	37.2	135.60

Per il calcolo dei pesi è stata considerata la massa volumetrica pari a 955 kg/m^3 e lo spessore è quello teorico maggiorato di metà della massima tolleranza ammessa dalla norma UNI 7613.

6.3.4 Tolleranze sulle dimensioni

	Tolleranza (mm)		
Sullo spessore S (mm)	$+(0.1 \cdot S + 0.2)$		arrotondamento a 0.1 mm
Sul diametro esterno medio (mm)	d < 160	$+(0.015 \cdot d + 0.2)$	
	180 < d < 750	$+(0.04 \cdot d + 2.0)$	
	per d > 750	+ 5 mm	

6.3.5 Prove, collaudi e norme

A completamento di quanto sopra specificato, per prove e collaudi su materiali, tubazioni in opera e saldature, valgono le seguenti norme:

- per il dimensionamento: norme DIN 8074 e citate;
- per prove e collaudi sul prodotto finito: DIN 8075 e citate;
- per esecuzione delle saldature: DIN 16932 e citate.

Le prove saranno eseguite da un Istituto Ufficiale specializzato, a giudizio della Direzione dei Lavori ed alla presenza di un suo rappresentante, sia sui prodotti di una stessa partita, giacenti presso il fabbricante, che sulle tubazioni giacenti in cantiere o poste in opera.

I campioni prelevati per le prove saranno numerati, marcati, catalogati e registrati in apposito registro ed i certificati emessi dall'Istituto dovranno riportare, oltre i risultati, la data di esecuzione delle prove, il numero dei campioni e quanto altro serve ad identificare le partite di fornitura.

L'Impresa dovrà fornire a sue spese la mano d'opera e l'assistenza necessaria per il prelievo e la fornitura dei campioni, il trasporto all'Istituto ecc., le apparecchiature per le prove in cantiere e per l'esecuzione delle prove stesse. Tutti gli oneri derivanti dalle operazioni per prove e collaudi, nonché il costo delle prove presso l'Istituto, saranno a carico dell'Impresa.

Le tubazioni di PEAD in opera saranno sottoposte, nei singoli tronchi, ad una pressione pari ad 1,5 volte la massima pressione statica prevista per la tratta di tubazione a cui appartiene il tronco provato, con un incremento minimo di 500 kPa (5 bar) rispetto ad essa.

6.3.6 Certificati di prova e di qualità

I certificati di prova e di qualità emessi da Istituto Ufficiale e presentati dall'Impresa, saranno ammessi qualora il fabbricante dei tubi in polietilene sia in grado di dimostrare l'uniformità nel tempo della propria produzione. In ogni caso non saranno ammessi certificati risalenti ad oltre un biennio precedente la data di fornitura e subordinati alla dimostrazione che i tubi furono prelevati e contrassegnati da un delegato dell'Istituto in cui sono state eseguite le prove.

L'accettazione di tali certificati non esclude che, a giudizio della Direzione Lavori, possano essere eseguite ulteriori prove in cantiere.

6.3.7 Posa in opera delle tubazioni

A completamento delle specifiche di cui all'articolo 6.3, le tubazioni in polietilene vanno poste in opera su selle in calcestruzzo classe C poste ogni 5 ÷ 10 m perfettamente in squadra. La distanza fra le selle sarà tale da non creare flessioni della tubazione e garantire la perfetta inclinazione come da progetto. La superficie delle selle a contatto con la tubazione dovrà essere protetta da fogli di plastica per evitare danneggiamenti.

Il controllo della esatta posizione dei tubi sarà eseguita a mezzo di filo armonico teso fra le modine poste sullo scavo. Le tubazioni ed i pezzi speciali dovranno essere preparate fuori scavo su traversine o sacchetti di sabbia in modo da tenere la tubazione 30 ÷ 50 cm sopra il livello del suolo per permettere l'inserimento delle ganasce delle macchine saldatrici.

Una gru od un escavatore sarà a disposizione per il sollevamento delle testate, l'allineamento dei tubi e lo spostamento delle macchine. La saldatura sarà effettuata generalmente fuori terra formando tratte di lunghezza fra i 100 e 200 m.

La saldature di unione fra le varie tratte, i collegamenti alle camerette ecc. potranno essere eseguite nello scavo.

Occorre porre particolare attenzione e non sollecitare le saldature appena eseguite. La posa delle condotte, saldate e preparate sullo scavo, collaudate per la tenuta, saranno adagiate con mezzi meccanici idonei sul fondo preparato dello scavo senza danneggiare le tubazioni o le saldature. Il sistema di posa sarà approvato dalla Direzione Lavori.

Dato il sensibile allungamento dei tubi in polietilene con i salti termici, sarà consigliabile eseguire la posa nelle ore serali o di mattina, quando le temperature sono prossime a quelle riscontrabili nell'esercizio delle condotte (10° ÷ 20°C).

Occorre tenere presente questo fatto anche per il posizionamento di collegamenti flangiati, immissioni e, se esistono, punti fissi.

6.3.8 Sottofondi e rinfianchi

Le tubazioni in polietilene poste sulle sopracitate selle in calcestruzzo e con sottofondo di sabbia ben compattata, saranno rinfiancate e coperte per circa 50 cm con sabbia medio-fine, secondo le prescrizioni del produttore.

In casi particolari saranno inglobate in calcestruzzo classe C, interponendo fra tubo e calcestruzzo uno strato di materiale approvato dalla Direzione dei Lavori (fogli di P.V.C, cartonfeltro, polietilene espanso, ecc.).

I sottofondi, i rinfianchi, i bloccaggi saranno indicati sui disegni di progetto o definiti dalla Direzione dei Lavori nel corso dell'opera.

A titolo indicativo, si danno di seguito le norme da seguire nell'esecuzione di sottofondi e rinfianchi:

CASI	SOLUZIONI
tubazione per attraversamento di strade, carreggiate ecc, sottoposte a traffico pesante	bloccaggio del tubo con calcestruzzo classe C fino a circa 30 cm sopra l'estradosso

		protezione con controtubo in calcestruzzo, semplice o armato, avente un diametro di 10 cm maggiore di quello della tubazione di polietilene, bloccato in un letto di calcestruzzo di classe D
tubazione posta longitudinalmente su strade sottoposte a traffico pesante	copertura < 1 m	bloccaggio con calcestruzzo classe C fino a 30 cm sopra l'estradosso
	(1 < copertura < 2) m	bloccaggio con sabbia compattata al 75% della densità relativa, fino a circa 1 m sopra il l'estradosso
	copertura > 2 m	bloccaggio con sabbia compattata fino a 0,70 ÷ 0,80 m sopra l'estradosso
tubazione longitudinale in zone coltivate o senza traffico	copertura < 1.50 m	bloccaggio con sabbia compattata fino 10 ÷ 15 cm sopra l'estradosso, successivamente 20 ÷ 30 cm di argilla e terra vagliata. Come protezione, una soletta di calcestruzzo, classe D, di 5 ÷ 10 cm, sopra il materiale di bloccaggio
tubazioni poste in zone soggette a traffico leggero (strade secondarie, marciapiedi ecc.)		leggera soletta in calcestruzzo armato, classe C, di spessore 5 ÷ 10 cm, per coperture inferiori ad 1 m

6.3.9 Misure e pagamento

Le tubazioni in PEAD saranno valutate in base alla lunghezza di tubazione effettivamente posta in opera, compresa quella di curve, derivazioni e riduzioni. I collari per i collegamenti saranno valutati per ogni unità effettivamente posta in opera.

I prezzi indicati in Elenco dei Prezzi compensano la fornitura, trasporto, il deposito in cantiere, il carico lo scarico e lo sfilamento delle tubazioni delle Classe 2, 3 e 4, la preparazione dei pezzi speciali, la preparazione delle testate, la saldatura con tutti gli oneri inerenti; (materiali di consumo ed attrezzature); sono compresi nel prezzo altresì la posa in opera, lo sfrido, i pezzi speciali, le prove su materiali, saldature, prodotti finiti e condotte in opera, nonché tutti gli altri oneri che potessero sorgere per l'Impresa, per dare l'opera completa in ogni sua parte.

6.4 MANUFATTI: CAMERETTE E CHIUSINI

6.4.1 Generalità

I pozzetti di raccordo semplici o sifonati, i pozzetti stradali, le camerette di ispezione, saranno in calcestruzzo semplice o armato delle dimensione e della classe di calcestruzzo indicata nei disegni di progetto o descritte dalla Direzione Lavori.

I pozzetti di raccordo ed i pozzetti stradali, che potranno anche essere prefabbricati in calcestruzzo vibrocompresso, Classe B 1, saranno posti in opera su sottofondo in calcestruzzo, Classe D.

I manufatti dovranno corrispondere ai disegni di progetto o a quelli delle ditte costruttrici, preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

6.4.2 Camerette

Le camerette d'ispezione, di immissione, di cacciata e quelle speciali in genere, saranno gettate in opera, armate in base alle specifiche sollecitazioni e munite di camino di accesso dalla superficie.

Nell'interesse dell'Amministrazione ed a giudizio della Direzione Lavori, potranno anche essere impiegate camerette prefabbricate.

Dovendo realizzare un cambiamento di sezione, le dimensioni della cameretta corrisponderanno a quelle della condotta di diametro maggiore.

Il fondo delle camerette sarà costruito contemporaneamente alla posa ed alla realizzazione della condotta, previa costruzione di adatte fondazioni sottostanti il piano di posa del collettore. Le parti pedonali delle camerette saranno rivestite in gres antisdrucciolo con sigillatura in mastice antiacido oppure in vernice protettiva per pavimentazioni. Le camerette dovranno essere intonacate con malta di cemento lisciato a ferro, oppure rivestite, tutte o in parte, con i materiali indicati in progetto.

L'innesto della condotta nelle camerette dovrà essere eseguito secondo le modalità indicate nei disegni di progetto, specialmente nel caso che queste debbano fungere da blocco di ancoraggio. Le scalette di accesso saranno in acciaio zincato, o in ghisa protetta da vernice antiacida.

6.4.3 Chiusini

6.4.3.1 Chiusini per camerette

Di norma, per la chiusura dei camini di accesso alle camerette, saranno adottati chiusini in acciaio, ghisa grigia o sferoidale. La ghisa grigia sarà conforme alle norme G 15 UNI 5007, l'acciaio avrà una resistenza a trazione di 520 N/mm^2, la ghisa sferoidale alle Norme ISO 500/7 - 44/12.

Tutti i chiusini dovranno corrispondere ai disegni-tipo, ed in particolare:

- le superfici di contatto tra coperchio e telaio devono essere tali che non si verifichino traballamenti;
- il coperchio deve essere allo stesso livello del telaio, non essendo tollerata alcuna differenza di altezza fra i due pezzi;
- il gioco tra coperchio e telaio non sia inferiore al 4%, né superiore al 15% di quello prescritto;
- esistano fori di aerazione e di sollevamento.

Il chiusino dovrà essere solidamente appoggiato ed ancorato alle strutture in calcestruzzo e progettato per un carico di prova rispondente alla distinta sotto riportata:

Collocazione del chiusino	Carico ammissibile	
	N	kg_f

strade statali e provinciali, aree con intenso traffico di scorrimento	400.000	*40.000*
strade comunali senza traffico di scorrimento	250.000	*25.000*
banchine di strade pubbliche	150.000	*15.000*
giardini e cortili con traffico pedonale	6.000	*600*

Per carico di prova s'intende quello che provoca la prima fessurazione del materiale del chiusino.

Su ciascun elemento dovrà essere indicato, ricavato nella fusione, il carico che può sopportare come sopra descritto.

6.4.3.2 Chiusini e griglie per pozzetti di scarico di acque stradali

Normalmente e salvo casi particolari, a giudizio della Direzione Lavori, i chiusini e le griglie dovranno essere garantiti, per ciascuno degli impieghi sottoelencati, al carico di prova, da indicare ricavato in fusione, su ciascun elemento:

Collocazione del chiusino	Carico ammissibile	
	N	kg_f
strade statali e provinciali, aree con intenso traffico di scorrimento	250.000	*25.000*
strade comunali senza traffico di scorrimento	150.000	*15.000*
banchine di strade pubbliche	50.000	*5.000*
giardini e cortili con traffico pedonale	6.000	*600*

I chiusini e le griglie dovranno essere costruiti con la medesima accuratezza dei chiusini per le camerette.

6.4.3.3 Prove e collaudi sui chiusini e griglie

I materiali di chiusini e griglie saranno sottoposti a prove per controllare la rispondenza ai requisiti richiesti. Almeno 3 campioni per ogni 100 saranno sottoposti a prove.

Le modalità di prova e l'Istituto ove saranno eseguite, saranno indicate dalla Direzione Lavori.

Il costo delle prove e gli oneri relativi saranno a carico dell'Impresa.

6.4.3.4 Misure e pagamenti

I prezzi per i chiusini e per i prefabbricati compensano fabbricazione, la fornitura, carico, scarico e trasporto, il deposito in cantiere, lo sfilamento lungo la condotta, la posa in opera comprese le sigillature ed i raccordi, le finiture, le prove e qualsiasi altro onere che possa sorgere per l'Impresa per dare l'opera finita.

7 OPERE A VERDE

7.1 PALIZZATE

La tecnica della palizzata in legname C20 secondo UNI EN 206/2008 con talee e/o con piantine è un sistema simile alle viminata, che unisce l'impiego di talee con strutture fisse in legno per la stabilizzazione di pendii e scarpate, naturali o artificiali, in dissesto.

Con questo sistema si tende a rinverdire le scarpate attraverso la formazione di piccoli gradoni lineari, sostenuti dalle strutture di legno, che corrono lungo le curve di livello del pendio e dove, a monte, si raccoglie del materiale terroso. Le piante, una volta che la vegetazione si sarà sviluppata, garantiranno un consolidamento del terreno con l'apparato radicale e una resistenza all'erosione superficiale, con la loro parte epigea.

Sulle scarpate parzialmente consolidate che tuttavia presentino radure vegetative ed erosione del suolo anche a causa dell'eccessiva pendenza delle scarpate stesse, l'Appaltatore provvederà a realizzare palizzate di lunghezza pari a quanto previsto dagli elaborati di progetto, costituite da file di pali di castagno, robinia o rovere (o altre essenze arboree forti) di diametro in punta 10-15 cm, infissi nel terreno mediante battitura per la lunghezza indicata negli elaborati di progetto, e successivo pareggio delle teste sgretolate per la battitura, con successivo intreccio alternato di pali di castagno, carpino oppure orniello, per un'altezza di 50-60 cm di cui un terzo entro terra, della lunghezza prevista da progetto, e diametro in punta di cm 10-15, l'ultima delle quali fissata con chiodo di ferro a lato della sommità di ogni paletto. Il tondame deve essere di buona qualità tecnologica, senza difetti (marciumi, danni da fitopatie, ecc.).

L'assemblaggio degli elementi verticali e orizzontali deve essere effettuato negli incroci, previa realizzazione di un piccolo incastro sul tronco superiore, apertura di un foro passante con trapano dotato di punta idonea di 12-14 mm e infissione di un chiodo in tondino ad aderenza migliorata di diametro pari a 14-16 mm. In corrispondenza di ogni incrocio, saranno infissi due picchetti in legname di castagno e/o in tondino ad aderenza migliorata con d=16 mm in funzione della natura del terreno e in relazione alle indicazioni della D.L..

Il lavoro dovrà procedere dal basso verso l'alto e comprenderà il riempimento della struttura con il terreno derivante dallo scoronamento e dalla profilatura dell'area in dissesto; in mancanza di materiale sufficiente si provvederà al riempimento con materiale, accettato dalla D.L., derivante da cave di prestito. La formazione del rinterro a monte degli elementi orizzontali deve consentire l'agevole impianto e sviluppo di materiale vegetale; devono essere poste a dimora 8-10 talee/mq di specie radicanti.

Nel caso di canalette presidiate, è possibile associare i pali verticali in essenze arboree forti con fascinate. Le fascinate sono costituite da verghe di specie legnose con capacità di propagazione vegetativa (es. salici, tamerici) di diametro minino 1 cm e lunghezza minima min. 2.00 m, legate con filo di ferro.

Le sequenze realizzative delle palizzate sono:

- Preparazione del terreno e modellamento del pendio con formazioni di gradoni, iniziando dal piede della scarpata e procedendo per file parallele verso l'alto, eseguito a mano o con l'ausilio mezzi meccanici di piccole dimensioni;

- Infissione nel terreno di pali di larice o di castagno, lunghi circa 1,50 m e con diametro di 10-15 cm, posti ad una distanza di 1- 2 m. I pali sono conficcati nel terreno per una lunghezza di 1 m, in modo che restino sporgenti di almeno 30 - 50 cm;
- Posa in opera dei mezzi tronchi di larice o di castagno, con diametro di circa 12 cm e lunghezza superiore ai 2 m, aventi la funzione di trattenere il materiale di risulta dello scavo, posto a tergo della struttura, e di garantire la sua stabilità. I mezzi tronchi sono fissati con chiodi o filo di ferro ai pali infissi;
- Messa a dimora, appoggiate sul fondo dello scavo, di talee e/o di piantine radicate disposte a pettine una accanto all'altra con un numero variabile, a seconda delle condizioni pedoclimatiche e della tipologia dell'impianto, da 5 a 10 piante per metro lineare. Queste sono interrate per buona parte della loro lunghezza (per 3/4 le talee, e per circa 2/3-3/4 le piantine) con il terreno dello scavo di riporto del gradone superiore.

Gli interventi di manutenzione sulle parti vegetali dell'opera comprendono il recupero delle fallanze, la potatura di formazione, i diradamenti, lo sfalcio e la protezione dagli animali. Quelli sulle parti inerti prevedono il ripristino dei fissaggi e/o l'accoppiamento dei nuovi elementi e la maglia di scolo

8 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

8.1 CEMENTO

Per i manufatti strutturali potranno essere impiegati unicamente i cementi elencati nella norma UNI ENV 197/1 che soddisfino i requisiti di accettazione previsti nella Legge 26/5/1965 n°595, con esclusione del cemento alluminoso e dei cementi per sbarramenti di ritenuta.

La classificazione dei cementi in funzione della loro resistenza ai solfati e al dilavamento è riportata nelle norme UNI 9156 e 9606.

Il cemento dovrà provenire da impianti di produzione in grado di garantire la continuità e la costanza della qualità della fornitura del tipo di cemento richiesto. I cementi utilizzati dovranno essere controllati e certificati secondo quanto previsto nella Norma UNI ENV 197/1a e, per quanto applicabile, nel D.M. 126 del 9/3/88.

Su richiesta del Direttore dei Lavori l'Appaltatore dovrà consegnare copia delle bolle di accompagnamento di tutte le singole forniture di cemento approvvigionate all'impianto.

I requisiti meccanici, chimici e fisici del cemento dovranno essere controllati dall'Appaltatore per mezzo di prelievi, in contraddittorio con il fornitore, effettuati dalle autocisterne presso l'impianto di confezionamento, durante la qualificazione e in corso d'opera, secondo le modalità e le cadenze prescritte nella tabella seguente e in conformità a quanto previsto al punto 9.3.2. della Norma UNI-ENV 197/1 . Copia di tutti i certificati di prova dovrà essere consegnata al Direttore dei Lavori.

In caso di ambienti chimicamente aggressivi si dovrà far riferimento a quanto previsto nelle Norme UNI 9156 e UNI 9607 e nei successivi paragrafi.

Caratteristiche	Prova	Frequenza delle prove
Fisico-chimico-meccaniche	Legge 595/65 [8] e DM 13/9/1993 [11]	- Alla qualificazione - A ogni cambio di fornitore - Ogni 500 t in corso d'opera (*)
Contenuto di C_3A e di (C_4AF+2C_3A)(**)	Determinazione secondo UNI 9607 [9] o con analisi quantitativa diffrattometrica ai raggi X (QRxD)	

(*) Ogni 5.000 t se per ciascun cemento utilizzato l'Appaltatore consegnerà mensilmente al Direttore dei Lavori un certificato del cementificio che riporti il valore medio, lo scarto quadratico medio e il rango di ciascun requisito previsto dalla Norma UNI EN 197/1a [7] relativi alle prove del mese precedente.
(**) Solo nel caso di ambienti chimicamente aggressivi

8.2 AGGIUNTE: CENERI VOLANTI E MICROSILICE

Eventuali aggiunte al calcestruzzo potranno essere eseguite se conformi alla Norma vigente (UNI 9858); particolare cura dovrà essere prestata alla loro influenza sulla richiesta d'acqua e sulla durabilità dell'opera.

L'eventuale impiego di cenere volante o microsilice dovrà essere concordato in sede di prequalifica del materiale con la Direzione Lavori.

In caso di utilizzo di ceneri volanti e/o microsilice, come aggiunte in sostituzione della frazione fine delle sabbie, dovranno essere soddisfatte tutte le caratteristiche fisico-chimico-meccaniche dei conglomerati cementizi allo stato fresco ed indurito prescritte nei successivi punti. In nessun caso si terrà conto dell'aggiunta di tali prodotti nel computo del dosaggio di cemento e del rapporto A/C.

8.2.1 Ceneri volanti

Le ceneri volanti, costituenti il residuo solido della combustione di carbone dovranno provenire da centrali termoelettriche in grado di fornire un prodotto di qualità costante nel tempo e documentabile per ogni invio, e non contenere impurezze (lignina, residui oleosi, pentossido di vanadio, etc.) che possano danneggiare o ritardare la presa e l'indurimento del cemento.

Particolare attenzione dovrà essere prestata alla costanza delle loro caratteristiche.

Le caratteristiche delle ceneri volanti devono soddisfare i requisiti delle UNI EN 450 del settembre 1995 che sono indicati nella tabella che segue:

Caratteristica	Unità di Misura	Limiti di accettazione	Tolleranze	Frequenza prove
Perdita al fuoco (p.p.c.) (1 ora) UNI ENV 196/2	%	≤ 5,0	+ 2,0	Ciascuna fornitura
Cl (cloruri) - UNI EN 196/21	%	≤ 0,1	+ 0,01	trimestrale o 1000 t
SO_3 (anidride solforica) – UNI ENV 196/2	%	≤ 3,0	+ 0,5	trimestrale o 1000 t
Ossido di calcio libero – UNI EN 451/1	%	≤ 1,0	+ 0,1	mensile
(*) Stabilità volumetrica (se l'ossido di calcio libero è compreso tra 1 e 2,5%) Prova le Chatelier UNI ENV 196-3	mm	≤ 10	+ 1,0	mensile o 200 t
Trattenuto al vaglio da 45 micron UNI EN 451/2	%	≤ 40	± 10	mensile
Massa Volumica Reale UNI ENV 196/6	t/m^3	val. medio dichiarato	± 150	trimestrale o 1000 t
Indice di attività pozzolanica a 28 gg. Indice di attività pozzolanica a 90 gg. (UNI EN 196/1 – cemento di rif. CEM I)	%	≥ 75 ≥ 85	- 5 - 5	Mensile o 500 t

Il dosaggio delle ceneri volanti non deve superare il 25% del peso del cemento. Detta aggiunta non sarà computata in alcun modo nel calcolo del rapporto A/C. Se si utilizzano cementi di tipo I, la quantità di ceneri potrà essere elevata fino al 33% del peso del cemento e potrà essere computata nel dosaggio del cemento e del rapporto A/C con la seguente proporzione (K):

CEM I 42.5 K = 0.4 del loro peso

CEM I 32.5 K = 0.2 del loro peso

Ove sia richiesto l'uso dei cementi resistenti ai solfati con basso tenore di C3A (alluminato tricalcico) l'aggiunta non è consentita. La maggior richiesta d'acqua potrà essere compensata con un maggior dosaggio di additivo.

Nella progettazione del Mix design e nelle verifiche periodiche da eseguire, andrà comunque verificato che l'aggiunta di ceneri praticata non comporti un incremento della richiesta di additivo, per ottenere la stessa fluidità dell'impasto privo di ceneri maggiore dello 0,2%.

8.2.2 Microsilice (fumi di silice/silica fume)

Silice attiva colloidale amorfa, costituita da particelle sferiche isolate di SiO2 con diametro compreso tra 0,01 e 0,5 micron ottenuta da un processo di tipo metallurgico, durante la produzione di silice metallica o di leghe ferro-silicio, in un forno elettrico ad arco.

La silica fume può essere fornita allo stato naturale come ottenuta dai filtri di depurazione sulle ciminiere delle centrali a carbone oppure come sospensione liquida di particelle con contenuto secco di 50% in massa.

Si dovrà porre particolare attenzione al controllo in corso d'opera del mantenimento della costanza delle caratteristiche granulometriche e fisico-chimiche che dovranno essere comprese entro i valori indicati nella tabella seguente:

Caratteristiche	Unità di misura	Limiti di accettazione		Frequenza delle prove
SIO2	%	≥ 85	da 70 a 85	trimestrale o 500 t
CaO	%	≤ 1,2	≤ 20	
Superficie specifica	m^2/gr	da 20 a 35	da 10 a 20	
Al_2O_3	%	≤ 0,4		
$NA_2O + K_2O$	%	≤ 4,0		
CI	%	≤ 0,2		
MgO	%	≤ 0,9		
Carbone libero (da calcinazione)	%	≤ 4,0		
Umidità (in forno a 106°C)	%	≤ 1,0		
PH	-	6,3 – 6,8		
$F_{e2}O_3$	%	≤ 0,3		
Massa volumica reale	t/m^3	2,1 – 2,4		

Il dosaggio della silica fume non deve comunque superare il 7% del peso del cemento.

Detta aggiunta non sarà computata in alcun modo nel calcolo del rapporto A/C. Se si utilizzano cementi di tipo I potrà essere computata nel dosaggio di cemento e nel rapporto A/C una quantità massima di tale aggiunta pari all'11% del peso del cemento; l'aggiunta di microsilice sarà computata con le seguenti proporzioni K:

CEM I per A/C < 0.45 K = 2 del loro peso

CEM I per A/C >= 0.45 K = 2 del loro peso (*)

(*): per calcestruzzi soggetti alla carbonatazione ed ai cicli di gelo e disgelo K = 1.

Per calcestruzzi in cui sia richiesto un contenuto minimo di cemento di 300 kg/m3, non potranno essere praticate riduzioni di dosaggio di oltre 30 Kg/m3.

La maggior richiesta d'acqua potrà essere compensata con un maggior dosaggio di additivo.

Nella progettazione del mix design e nelle verifiche periodiche da eseguire, andrà comunque verificato che l'aggiunta di microsilice praticata non comporti un incremento della richiesta dell'additivo maggiore dello 0,2%, per ottenere la stessa fluidità dell'impasto privo di silica fume.

8.3 AGGREGATI

Gli aggregati impiegati per il confezionamento del calcestruzzo, provenienti da vagliatura e trattamento di materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava, dovranno avere caratteristiche conformi a quelle previste, per gli aggregati di classe A, nella Norma UNI 8520/2a. Le caratteristiche degli aggregati dovranno essere verificate:

- alla qualificazione;
- a ogni cambio di cava o del fronte di coltivazione della stessa cava;
- ogni 20.000 m^3 di calcestruzzo confezionato.

Il Direttore dei Lavori potrà autorizzare frequenze diverse in funzione delle caratteristiche dei materiali utilizzati.

Sia le sabbie che gli aggregati grossi dovranno avere massa volumica reale non minore di 2.60 t/m^3.

Per quanto riguarda gli aggregati esposti a rischio di reagire chimicamente con gli alcali contenuti nel cemento si farà riferimento a quanto previsto ai punti successivi.

Se gli aggregati provengono da frantumazione di materiale proveniente da scavi in sotterraneo (anche parzialmente) dovranno essere eseguite, oltre alle prove sopra indicate, le seguenti:

- giornalmente: la determinazione del contenuto di solfati e cloruri;
- settimanalmente: un'analisi mineralogica mirata a rilevare elementi potenzialmente reattivi agli alcali, integrata da prove di potenziale reattività in presenza di alcali.

Il Direttore dei Lavori potrà autorizzare frequenze diverse in funzione delle caratteristiche dei materiali utilizzati.

8.4 ACQUA D'IMPASTO

L'acqua d'impasto dovrà essere dolce, limpida non inquinata da materie organiche, dovrà essere definita la sua provenienza ad avere caratteristiche costanti nel tempo e rispondenti a quelle indicate nella tabella seguente.

ACQUA DI IMPASTO		
CARATTERISTICA	PROVA	LIMITI DI ACCETTABILITA'
Ph	Analisi chimica	da 5,5 a 8,5
Contenuto solfati	Analisi chimica	$SO4^{--}$ minore 800 mg/litro
Contenuto cloruri	Analisi chimica	Cl minore 300 mg/litro
Contenuto acido solfidrico	Analisi chimica	minore 50 mg/litro
Con.tot. di sali minerali	Analisi chimica	minore 3000 mg/litro
Con. Di sostanze organiche	Analisi chimica	minore 100 mg/litro
Con. Di sostanze solide sospese	Analisi chimica	minore 2000 mg/litro

Le analisi dovranno essere effettuate:

alla qualificazione

ogni sei mesi nel caso di acqua potabile

ogni 30 giorni se l'acqua, non potabile, proviene da pozzo o corso d'acqua

quando richiesto da DL per giustificati motivi

8.5 ACCIAIO DA CEMENTO ARMATO NORMALE E DA PRECOMPRESSIONE

L'acciaio da cemento armato normale comprende:

acciai e barre dritte o, eventualmente, in rotolo limitatamente ai diametri uguali o inferiori ai 14 mm, del tipo B450C e B450A saldabili;

Reti e tralicci elettrosaldati.

L'acciaio da precompressione comprende:

Fili, trecce, trefoli;

Barre laminate lisce o nervate;

Ancoraggi, apparecchi di giunzione ed accessori vari.

Ognuno di questi prodotti deve rispondere alla legge 1086/71, al D.M. 14.01.2008 e alla C.M. 15/10/96 n° 252 AA.GG/S.T.C., deve essere qualificato all'origine, deve portare impresso, ove prescritto dalle suddette norme, il marchio indelebile che lo renda costantemente riconoscibile e riconducibile inequivocabilmente allo stabilimento di produzione.

8.6 ADDITIVI

Il loro impiego, come per ogni altro componente, dovrà essere preventivamente sperimentato e dichiarato nel mix design della miscela di conglomerato cementizio, preventivamente progettata.

Tutti gli additivi impiegati dovranno essere conformi alle norme UNI vigenti (7101, 7110, 7111, 7115, 7117, 7119, 7120 e 8145 solo per Cls); per tutti gli additivi sarà richiesta una

specifica documentazione indicante le caratteristiche chimico-fisiche nonché la "spettrografia dell'analisi a raggi infrarossi" che attesti la totale corrispondenza del prodotto alle specifiche dichiarate in fase di adozione dell'additivo medesimo del mix design.

Gli additivi da utilizzarsi, eventualmente, per ottenere il rispetto delle caratteristiche delle miscele in conglomerato cementizio, potranno essere impiegati solo dopo valutazione degli effetti per il particolare conglomerato cementizio da realizzare e nelle condizioni effettive di impiego.

Particolare cura dovrà essere posta nel controllo del mantenimento nel tempo della lavorabilità del calcestruzzo fresco.

8.6.1 Additivi fluidificanti e superfluidificanti

Per opere ed in condizioni particolari, ove sia ritenuto necessario dal progettista e dalla DL, si potrà prevedere la doppia additivazione del conglomerato cementizio che consiste nell'aggiunta in cantiere di una quantità nota di additivo residuo, caricato all'impianto. Il dosaggio complessivo di additivo al mc non dovrà superare la quantità stabilita nel mix design.

L'additivo superfluidificante di prima e seconda additivazione dovrà essere di identica marca e tipo. Nel caso in cui, il mix design preveda l'uso di additivo fluidificante come prima additivazione, associato ad additivo superfluidificante a piè d'opera, questi dovranno essere di tipo compatibile e preventivamente sperimentati in fase di progettazione del mix design e di prequalifica della miscela.

Dopo la seconda aggiunta di additivo, sarà comunque necessario assicurare la miscelazione per almeno 10 minuti prima dello scarico del calcestruzzo; la DL potrà richiedere una miscelazione più prolungata in funzione dell'efficienza delle attrezzature e delle condizioni di miscelamento.

8.6.2 Additivi aeranti

In caso di conglomerati cementizi per la realizzazione di opere sottoposte a cicli di gelo e disgelo dovranno essere utilizzati specifici additivi aeranti al fine di garantire il rispetto delle prescrizioni di cui ai successivi punti relativi al contenuto di aria occlusa.

8.6.3 Additivi ritardanti

Additivi ritardanti potranno essere eccezionalmente utilizzati, previa idonea qualifica e preventiva approvazione da parte della Direzione Lavori, per:

- particolari opere che necessitano di getti continui e prolungati, al fine di garantire la loro corretta monoliticità;
- getti in particolari condizioni climatiche;
- singolari opere ubicate in zone lontane e poco accessibili dalle centrali/impianti di betonaggio.

8.6.4 Disarmanti

Come disarmanti è vietato usare lubrificanti di varia natura e oli esausti.

Dovranno invece essere impiegati prodotti specifici, conformi alla Norma UNI 8866 parti 1 e 2 per i quali sia stato verificato che non macchino o danneggino la superficie del conglomerato cementizio indurito.

8.6.5 Antievaporanti

Eventuali prodotti antievaporanti filmogeni devono rispondere alle norma UNI da 8656 a 8660. L'Appaltatore deve sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori la documentazione tecnica sul prodotto e sulle modalità di applicazione; egli deve accertarsi, che il materiale impiegato sia compatibile con prodotti di successive lavorazioni (ad esempio con il primer di adesione di guaine per impermeabilizzazione di solette) e che non interessi le zone di ripresa del getto.

8.7 CLASSI DI RESISTENZA DELLE MISCELE

Per indicare la classe di resistenza si utilizza nel seguito la simbologia Cxx/yy ove xx individua il valore della resistenza caratteristica cilindrica fck e yy il valore della resistenza caratteristica cubica Rck, entrambi espressi in N/mm2 (1 N/mm2 = 10 Kg/cm2).

Classe di resistenza	f_{ck} (N/mm^2)	R_{ck} (N/mm^2)	Categoria del calcestruzzo
C8/10	8	10	NON
C12/15	12	15	STRUTTURALE
C16/20	16	20	
C20/25	20	25	
C25/30	25	30	
C30/37	30	37	STRUTTURALE
C35/45	35	45	ORDINARIO
C40/50	40	50	
C45/55	45	55	
C50/60	50	60	ALTE PRESTAZIONI
C55/67	55	67	
C60/75	60	75	
C70/85	70	85	ALTA RESISTENZA
C80/95	80	95	
C90/105	90	105	
C100/115	100	115	

8.8 GRANULOMETRIA DEGLI AGGREGATI

Gli aggregati dovranno appartenere ad almeno tre classi granulometriche diverse.

Essi dovranno essere mescolati tra loro in definite percentuali così da formare miscele rispondenti ai criteri di curve granulometriche teoriche o sperimentali di riferimento e tali che l'impasto fresco e indurito abbia i prescritti requisiti di resistenza, consistenza, omogeneità, aria inglobata, permeabilità, ritiro e acqua essudata Il contenuto minimo di cemento e il rapporto massimo acqua/cemento vanno definiti sulla base delle condizioni ambientali di esposizione e delle prestazioni richieste.

Le singole pezzature o frazioni granulometriche sono definite:

per le sabbie solamente da un diametro massimo (D).

per gli aggregati grossi da un diametro massimo (D) e da un diametro minimo (d);

I limiti del passante ai setacci dei diversi tipi di aggregato sono riportati nella tabella seguente:

Aggregato	Passante % su 1,4D	Passante % su D	Passante % su d	Passante % su d/2
Sabbia (≤ 4 mm)	≥ 98	≥ 85	-	-
Grosso (> 4 mm)	≥ 98	≥ 85	0 – 15	0 – 5

Si dovrà adottare una curva granulometrica che, in relazione al dosaggio di cemento, garantisca la massima compattezza e la migliore lavorabilità del calcestruzzo.

Le singole frazioni necessarie a comporre la curva granulometrica non dovranno sovrapporsi per più del 15% e il diametro inferiore (d) della frazione (i+1)-esima dovrà risultare minore o uguale al diametro superiore (D) della frazione i-esima.

Nella composizione della curva granulometrica nessuna frazione potrà essere dosata in percentuale maggiore del 45%, salvo preventiva autorizzazione del Direttore dei Lavori.

Il diametro massimo dell'aggregato dovrà essere scelto in funzione dei valori di copriferro e interferro, delle dimensioni minime dei getti, delle modalità di getto e del tipo di mezzi d'opera; in ogni caso dovrà rispettare quanto previsto nel punto 5.4. della Norma UNI 9858.

L'ES della miscela di aggregati dovrà, inoltre, essere sempre ≥ 80 e il valore di blu VB ≤ 0.6 cm3/g

Per quanto concerne l'aggregato fine, per la preparazione di un mix potrà essere usata una sabbia od una miscela di due sabbie. Le caratteristiche petrografiche, granulometriche, chimiche, fisiche e meccaniche delle miscele di sabbie dovrà rispondere ai limiti di accettazione stabilito dalla norma UNI 8520/2 per aggregati fini di Categoria "A" fatte salve le più stringenti specifiche di cui al precedente punto 3.3 concernenti la massa volumica e l'assorbimento superficiale. Nel caso in cui la miscela sia costituita da una sabbia di frantumazione ed una sabbia naturale, i limiti di accettabilità dettati dalla norma UNI 8520/2 per quanto concerne il contenuto di passante allo 0,075 mm saranno quelli relativi al tipo di sabbia prevalente. il modulo di finezza (MF) è l'equivalente in sabbia (ES), saranno misurati rispetto alla miscela di aggregati fini nel loro complesso.

Per quanto concerne invece le singole sabbie componenti le miscele, queste dovranno rispettare in ogni caso i seguenti limiti:

- Equivalente in sabbia (ES): > 70
- Valore di bleu (VB) ≤ 0,8 cm3/g di fini
- 1,8 ≤ Modulo di Finezza (MF) ≤ 3,6
- Contenuto di grumi di argilla e particelle friabili ≤ 3%
- Contenuto di particelle leggere e friabili ≤ 2%

- Contenuto di sostanze organiche: colore della soluzione almeno uguale allo standard di riferimento.

Il Direttore dei Lavori potrà eventualmente approvare l'adozione di una granulometria discontinua, verificando preventivamente che l'impasto risponda alla prova di omogeneità descritta in allegato.

Ogni 10.000 m3 di calcestruzzo prodotto dovrà essere verificata la curva granulometrica, della miscela degli inerti, dai campioni prelevati secondo UNI 8520/3 e analizzati secondo UNI 8520/5.

8.9 RAPPORTO ACQUA/CEMENTO

La quantità d'acqua totale da impiegare per il confezionamento dell'impasto dovrà essere calcolata tenendo conto dell'acqua libera contenuta negli aggregati. Si dovrà fare riferimento alla Norma UNI 8520 parti 13a e 16a per la condizione "satura a superficie asciutta", nella quale l'aggregato non assorbe né cede acqua all'impasto.

Il rapporto acqua/cemento di ciascuna miscela dovrà essere controllato, anche in cantiere, con le modalità previste nella Norma UNI 6393 almeno una volta ogni tre mesi o ogni 2.000 m3 di produzione, operando con l'avvertenza di sottrarre dal calcolo della quantità di acqua nel campione quella assorbita dagli aggregati. Il rapporto A/C non dovrà discostarsi di + 0.03 da quello verificato in fase di qualificazione della relativa miscela.

8.10 LAVORABILITÀ DELLA MISCELA

La lavorabilità è un indice delle proprietà e del comportamento del calcestruzzo nell'intervallo di tempo tra la produzione e la compattazione dell'impasto in sito nella cassaforma o tra la produzione e la finitura. La lavorabilità viene comunemente valutata attraverso la misura della consistenza

La consistenza, come la lavorabilità, è il risultato di più proprietà reologiche e, di conseguenza, può essere valutata solo in modo relativo, sulla base del comportamento dell'impasto fresco a determinate modalità di prova. Nessuno dei metodi di prova proposti o in uso per la misura della consistenza è pienamente soddisfacente e le proprietà del calcestruzzo fresco che vengono prese ad indice della sua lavorabilità sono diverse da metodo a metodo.

In generale la massima sensibilità di ogni metodo riguarda campi differenti di lavorabilità e, a seconda del tipo di opera e delle condizioni di getto, va scelto il metodo più appropriato di controllo del grado di consistenza.

I metodi di misura della consistenza più largamente adottati, sui quali va basata la classificazione del calcestruzzo in funzione della consistenza sono:

- abbassamento del cono (UNI 9418);
- spandimento (UNI 8020 – metodo B);

Classi di consistenza mediante misura dell'abbassamento al cono

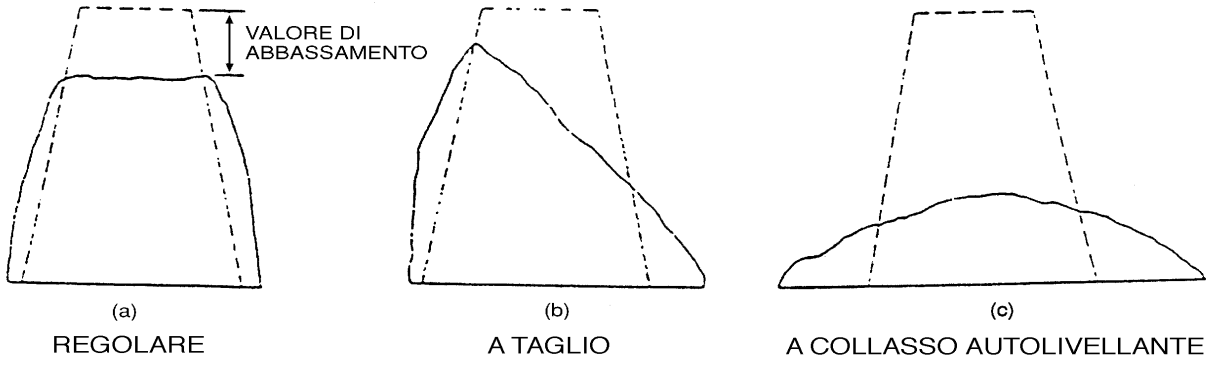
Classe di consistenza	Abbassamento Mm	Denominazione corrente
S1	da 10 a 40	Umida
S2	da 50 a 90	Plastica
S3	da 100 a 150	Semifluida
S4	da 160 a 210	Fluida
S5	≥ 210	Superfluida

Classi di consistenza mediante misura dello spandimento

Classe

Classe Di consistenza	Spandimento Mm
FB1	≤ 340
FB2	da 350 a 410
FB3	da 420 a 480
FB4	da 490 a 550
FB5	da 560 a 620
FB6	≥ 630

Nella misura dell'abbassamento al cono si hanno tre principali forme di abbassamento, riportate nella figura seguente:



La prima forma, con abbassamento uniforme senza alcuna rottura della massa, indica comportamento regolare.

La seconda forma, con abbassamento asimmetrico (a taglio), spesso indica mancanza di coesione; essa tende a manifestarsi con miscele facili alla segregazione. In caso di persistenza, a prova ripetuta, il calcestruzzo è da ritenere non idoneo al getto.

La terza forma, con abbassamento generalizzato (collasso), indica miscele magre oppure molto umide o, nel caso di calcestruzzi autolivellanti, additivate con superfluidificanti.

Per miscele magre tendenti alla rigidità un abbassamento regolare facilmente si può tramutare in uno di tipo a taglio o a collasso. In tal caso ci si dovrà accertare del fenomeno, onde evitare che si indichino valori diversi di abbassamento per campioni della stessa miscela.

Miscele molto asciutte possono avere un abbassamento nullo quindi, in un certo campo di consistenza, è possibile che non si registri alcuna differenziazione fra miscele pur dotate di diversa lavorabilità.

Le miscele a consistenza plastica - semifluida cadono nel campo di maggior sensibilità del metodo di abbassamento al cono.

In generale, data la selettività dei vari metodi di prova, si raccomanda di interpretare con cautela i risultati delle misure quando i valori cadono al di fuori dei seguenti limiti:

- abbassamento al cono: < 10 mm > 210 mm
- spandimento: < 340 mm> 620 mm

8.11 ACQUA ESSUDATA

Il calcestruzzo non dovrà presentarsi segregato e la quantità di acqua essudata, misurata secondo la Norma UNI 7122 ogni 1000 m^3 di calcestruzzo confezionato, dovrà essere minore o uguale allo 0.1% in volume.

8.12 PRESCRIZIONI PER LA DURABILITÀ DEI CALCESTRUZZI

8.12.1 Classi di esposizione ambientale

Ai fini di una corretta scelta del tipo e classe di calcestruzzo è fondamentale stabilire l'ambiente nel quale ciascun elemento strutturale dovrà essere inserito.

Per "ambiente", in questo contesto, si intende l'insieme di tutte le azioni chimiche e fisiche alle quali si presume che il calcestruzzo possa essere esposto durante il periodo di vita delle opere e che causano effetti che non possono essere classificati come azioni dirette (carichi) o indirette (deformazioni impresse, cedimenti, variazioni termiche) nella progettazione strutturale.

A seconda di tali azioni, sono individuate, nella norma prENV206 e nelle Linee Guida, le classi e sottoclassi di esposizione ambientale elencate nella tabella seguente.

Tabella 8.1 Classi di esposizione ambientale del calcestruzzo

Classe	Ambiente di esposizione	Esempi di condizioni ambientali
1 – Nessun rischio di corrosione delle armature o di attacco al calcestruzzo		
X0	Molto secco	Interni di edifici con umidità relativa molto bassa
2 – Corrosione delle armature indotta da carbonatazione del calcestruzzo		
XC1	Secco	Interni di edifici con umidità relativa bassa

XC2	Bagnato, raramente secco	Parti di strutture di contenimento liquidi; Fondazioni
XC3	Umidità moderata	Interni di edifici con umidità da moderata ad alta – Calcestruzzo all'esterno riparato dalla pioggia
XC4	Ciclicamente secco e bagnato	Superfici a contatto diretto con acqua non comprese nella classe XC2
3 – Corrosione indotta dai cloruri		
XD1	Umidità moderata	Superfici esposte a spruzzi diretti d'acqua contenente cloruri
XD2	Bagnato, raramente secco	Piscine – Calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri
XD3	Ciclicamente secco e bagnato	Parti di ponti - Pavimentazioni - Solette di parcheggi per auto
4 – Corrosione indotta dai cloruri dell'acqua di mare		
XS1	Esposizione alla salsedine marina ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture sulla costa o in prossimità della costa
XS2	Zone sommerse	Parti di strutture marine
XS3	Zone di maree, zone soggette a spruzzi	Parti di strutture marine
5 – Attacco da cicli di gelo/disgelo		
XF1	Grado moderato di saturazione, in assenza di agenti disgelanti	Superfici verticali esposte alla pioggia e al gelo
XF2	Grado moderato di saturazione, in presenza di agenti disgelanti	Superfici verticali di opere stradali esposte al gelo e ad agenti disgelanti nebulizzati nell'aria
XF3	Grado elevato di saturazione, in assenza di agenti disgelanti	Superfici orizzontali esposti alla pioggia e al gelo
XF4	Grado elevato di saturazione, in presenza di agenti disgelanti	Impalcati stradali e ponti esposti ad agenti disgelanti – Superfici verticali e orizzontali esposte al gelo e a spruzzi d'acqua contenenti agenti disgelanti
6 – Attacco chimico		
XA1	Aggressività debole	
XA2	Aggressività moderata	
XA3	Aggressività forte	

Poiché la classificazione della Tabella precedente, ricavata dalle Linee Guida differisce da quella della Norma UNI 9858, si fornisce la correlazione tra le classi di esposizione ambientale dei due documenti.

Tabella 8.2 Correlazione tra classi di esposizione ambientale

Ambiente	Classe di esposizione		Aggressività
	UNI 9858	Linee Guida prENV206	
Secco	1	X0	Non significativa
Umido senza gelo	2a	XC1 - XC2	Moderata
Debolmente aggressivo	5a	XC3 - XD1 – XA1	Normale
Umido con gelo	2b	XF1	
Marino senza gelo	4a	XD2 - XS1	Alta
Moderatamente aggressivo	5b	XC4 - XA2	
Umido con gelo e sali disgelanti	3*	XF2*	
Marino con gelo	4b*	XF3*	
Fortemente aggressivo	5c	XD3 - XS2 - XS3 XF4 – XA3	Molto alta

8.12.2 Requisiti minimi delle miscele in funzione del loro campo di impiego

Nella Tabella 8.4vengono specificate le caratteristiche minime richieste per differenti mix, in funzione del loro impiego, sulla base di considerazioni relative alla loro durabilità.

Tali caratteristiche devono essere considerate come minimi inderogabili da applicarsi indipendentemente dalle prescrizioni progettuali.

Naturalmente, ogni volta che le caratteristiche dell'ambiente siano tali da richiedere maggiore resistenza all'aggressività, il progetto del mix dovrà essere specificatamente adeguato aumentando la resistenza caratteristica richiesta, diminuendo il rapporto a/c e, se del caso, utilizzando cementi e/o materiali resistenti al particolare agente aggressivo.

I requisiti minimi in termini di resistenza e di rapporto a/c in funzione della classe di aggressività dell'ambiente sono riportate nella Tabella 8.3, mentre le prescrizioni per l'impiego di materiali o cementi particolari sono riportate nei paragrafi seguenti.

Le prescrizioni di Tabella 8.3 devono essere applicate solo quando risultano più vincolanti di quelle riportate in Tabella 8.4.

Tabella 8.3 Caratteristiche dei conglomerati in funzione dell'aggressività dell'ambiente

Aggressività	Rck minima (MPa)	Repporto a/c max
Moderata	30	0.60
Normale	37	0.55
Alta	37	0.50
Molto alta	45	0.45

Tabella 8.4 Requisiti minimi delle miscele utilizzabili

Tipo		Rapporto a/c max	Classe di lavorabilità	Tipo di cemento	Classe di resistenza Minima Rck (Mpa)	Campi di Impiego
A	1	0.40	S5	CEM I÷V	45	• Impalcati ed elementi in c.a.p. prefabbricati
	2	0.40	S4	CEM I÷V	45	• Impalcati in c.a.p. gettati in opera
B	1	0.40	S2-S5	CEM I÷V	45	• Elementi prefabbricati in c.a. per strutture fuori terra
	2	0.40	S2-S5	CEM III÷V	45	• Conci prefabbricati in c.a. per rivestimento di gallerie
	3	0.50	S4	CEM I÷V	37	• Canalette portacavi prefabbricate • Cunette prefabbricate • Elementi prefabbricati senza funzioni strutturali
C	1	0.50	S4-S5	CEM I÷V	37	• Impalcati in c.a.p. ordinari • Solette in c.a. gettate in opera in elevazione • Predalle
	2	0.50	S3, S4	CEM I÷V	37	• Pile e spalle • Baggioli e pulvini • Strutture in c.a. in elevazione
D		0.40	S1÷S3	CEM III÷V	37	• Lastre in cls per pavimentazioni rigide
E		0.50	S3, S4	CEM III÷V	37	• Scatolari e tombini a sez. non circolare con luce con luce $\leq$ 5 m • Tombini circolari
F	1	0.50	S3, S4	CEM III, IV, V	30	• Arco rovescio di gallerie (getti orizzontali)
	2	0.50	S2	CEM III÷V	30	• Arco rovescio di gallerie (getti tradizionali a superficie inclinata)
	3	0.50	S3, S4	CEM III÷V	30	• Piedritti e calotta di gallerie
G	1	0.50	S3, S4	CEM III÷V	37	• Muri di controripa e sottoscarpa in c.a. (armatura $\geq$ 30 Kg/mc)
	2	0.50	S3, S4	CEM III÷V	30	• Muri controripa/sottoscarpa debolmente armati (armatura < 30 kg/mc) o non armati • Solettoni di fondo • Fondazioni armate • Rivestimenti di tubazioni
	3	0.55	S1÷S4	CEM III÷V	25	• Fondazioni non armate (pozzi, sottoplinti, prismi per difese spondali, ecc....)
	4	0.55	S1÷S4	CEM III÷V	25	• Cunette gettate in opera, cordoli, ecc....
H	1	0.50	S4÷S5	CEM III÷V	30	• Pali (di paratie o opere di sostegno), diaframmi e relativi cordoli di collegamento gettati in opera
	2	0.5	S4÷S5	CEM III÷V	30	• Pali di fondazione gettati in opera
	3	0.40	S2÷S4	CEM III÷V	37	• Pali di fondazione prefabbricati
I		--	--	CEM I ÷V	15	• Magrone di pulizia, riempimento o livellamento

Per i casi nei quali si è indicata la possibilità di utilizzare qualunque cemento, la scelta dovrà essere fatta sulla base di considerazioni relative all'aggressività dell'ambiente.

Le miscele per calcestruzzi strutturali dovranno avere, a meno di casi particolari per i quali sarà sempre necessaria una esplicita autorizzazione da parte della DL, un contenuto di cemento compreso tra 250 e 400 kg/m^3.

Particolare cautela si dovrà prestare al dosaggio di cemento nel caso di getti massivi come meglio specificato nel seguito.

La lavorabilità si riferisce ai soli calcestruzzi preconfezionati o prodotti in cantiere; per i calcestruzzi impiegati nella prefabbricazione, ferme le altre caratteristiche, si potrà derogare da tale prescrizione con opportune motivazioni, da approvare da parte del Direttore dei Lavori in sede di qualifica dell'impianto di prefabbricazione e delle miscele proposte

Nel caso venga prescritto l'uso di un inibitore di corrosione, occorre valutare gli effetti che lo stesso può avere sul comportamento della miscela allo stato fresco e indurito.

8.12.3 Copriferro

Il valore del copriferro da adottare è definito dal progettista ed è riportato sulle tavole di progetto.

In ogni caso, però, deve essere verificato che i valori prescritti rispettino i minimi indicati qui di se-guito come funzione della Rck e siano adeguati alla classe di aggressività dell'ambiente secondo quanto riportato nella Tabella 8.6.

Tabella 8.5 Valori di copriferro minimi in funzione della Rck

Rck	Copriferro minimo (mm)
Rck < 35	25
Rck ≥ 35	30

Tabella 8.6 Valori di copriferro minimi in funzione delle classi di esposizione

Aggressività	Copriferro minimo (mm)	
	CAO	CAP
Moderata	25	30
Normale	30	35
Alta	40	40
Molto alta	40	40

Nei casi in cui queste prescrizioni non siano rispettate si deve procedere ad informare la DL che sentirà in proposito i progettisti.

Copriferro maggiori di quelli indicati nelle tabelle potranno essere previsti in condizioni particolari (es. necessità di assicurare una determinata resistenza al fuoco).

In questi casi, per valori maggiori di 45 mm, dovrà essere prevista l'installazione, a meno di 4 cm dalla superficie del getto, di una armatura aggiuntiva non strutturale costituita da una rete elettrosaldata ϕ 4-5 mm con maglia quadrata di passo 10 – 15 cm.

8.12.4 Calcestruzzi resistenti ai cicli gelo - disgelo

E' richiesto l'utilizzo di aggregati non gelivi (norma UNI 8520 parte 20).

Per migliorare la resistenza ai cicli gelo - disgelo l'impiego di additivi aeranti potrà essere autorizzato solamente se:

- gli additivi sono conformi alla Norma UNI 7103;

- l'immissione dell'aerante avviene contemporaneamente al caricamento di almeno il 50% dell'acqua aggiunta;

- l'impianto è dotato di predosatore d'acqua con capacità tale da contenere almeno il 50% dell'acqua di impasto nel quale disperdere l'aerante prima dell'immissione nel mescolatore o nell'autobetoniera.

Occorre evitare che la disomogenea distribuzione delle microbolle d'aria nell'impasto determini nella struttura volumi di calcestruzzo aventi caratteristiche estremamente variabili con conseguenti negative ripercussioni sulla resistenza e sulla durabilità dell'opera.

La quantità percentuale d'aria totale, determinata sul calcestruzzo fresco prelevato dal getto dopo la vibrazione secondo UNI 6395 con le cadenze previste al punto 11.3.10 della UNI 9858, dovrà essere conforme ai valori della tabella seguente.

Tabella 8.7 Aria totale nel calcestruzzo fresco

Diametro massimo aggregato	Aria totale (%)
Fino a 10 mm	8.0 ± 2.0
Tra 10 e 20 mm	6.0 ± 2.0
Oltre 20 mm	5.0 ± 2.0

Qualora prescritto dal Progettista i calcestruzzi esposti a cicli gelo-disgelo dovranno essere sottoposti alla prova di determinazione della resistenza a degradazione per cicli di gelo e disgelo secondo UNI 7087: la riduzione del modulo elastico non dovrà risultare superiore al 15% del valore iniziale del campione di riferimento.

Se l'importanza dell'opera o le condizioni di esposizione lo giustificano, sono richieste prove di resistenza alla penetrazione, da eseguirsi in laboratorio con le modalità secondo UNI E07.04.113.0

La profondità media del profilo di penetrazione dell'acqua sotto pressione dovrà essere minore di 30 mm, ciascun valore dovrà essere minore di 50 mm.

I precedenti valori misurati su provini confezionati in conformità alla Norma UNI6127.

I limiti corrispondenti con prove effettuate su provini cilindrici prelevati in opera in contraddittorio dovranno essere determinati sulle prime opere realizzate con ciascun mix.

8.12.5 Calcestruzzi esposti ad attacco chimico.

Ai fini di valutare l'eventuale attacco chimico a cui potrebbero essere sottoposti i calcestruzzi, all'Appaltatore, di concerto con il Direttore dei Lavori, compete l'onere del preventivo accertamento della presenza e della concentrazione nei terreni e nelle acque di agenti aggressivi di cui alla norma UNI 8981.

Nel caso di ambiente chimicamente aggressivo il Progettista dovrà individuare la classe di esposizione ambientale tra le classi XA1, XA2 e XA3, sulla base della concentrazione di agenti aggressivi presenti, come indicato nella tabella seguente.

Tabella 8.8 Classi di esposizione ambientale - Attacco chimico

	GRADO DI ATTACCO		
	XA1 (debole)	**XA2 (moderato)**	**XA3 (forte)**
Agente aggressivo nelle acque			
Ph	6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	4,5 - 4,0
CO_2 aggressiva mg/l	15 - 30	30 – 60	60 -100
ioni ammonio NH_4^+ mg/l	15 - 30	30 -60	60 - 100
ioni magnesio Mg^{++} mg/l	300 - 1000	1000 – 3000	> 3000
ioni solfato $SO_4^=$ mg/l	200 - 400	400 – 1500	1500 - 6000
Agente aggressivo nel terreno			
ioni solfato $SO_4^=$ mg/kg di terreno seccato all'aria	2000 – 6000	6000 – 12000	> 12000

8.12.6 Attacco chimico da parte dei solfati

Il grado di attacco deve essere valutato in funzione del contenuto di ioni solfato SO4 = nel terreno secondo quanto riportato nella Tabella 8.8.

Conseguentemente devono essere utilizzati cementi a moderata, alta o altissima resistenza ai solfati.

8.12.7 Reazioni alcali- aggregati

Per alcali si devono intendere gli ioni sodio (Na) e potassio(K+) presenti in tutti i costituenti delle miscele di calcestruzzo: cementi, aggiunte minerali, aggregati, acqua, additivi.

Di questi sono efficaci, ai fini della reazione con gli aggregati reattivi, solo quelli che passano in soluzione nella fase acquosa che permea la pasta di cemento e il cui tenore non sempre coincide con quello degli alcali totali.

Il tenore di alcali in ciascun componente va espresso in percentuale della massa come ossido di sodio equivalente calcolato secondo l'espressione:

(Na2Oeq)%=Na20%+0,658 K20%

a Ossido di sodio equivalente efficace nel legante

- L'ossido di sodio equivalente presente nel cemento Portland e nei cementi Portland al calcare o alla microsilice (CEM l e CEM Il A-L, B-L e A-D) verrà considerato efficace al 100%;

- Per gli altri cementi, contenenti materiali pozzolanici o loppe di altoforno i cui alcali risultano solo parzialmente solubili, il produttore dovrà fornire il tenore di ossido di sodio equivalente efficace ottenuto dalla somma di quello totale del clinker e quello efficace delle aggiunte, quest'ultimo determinato con il criterio di cui al successivo punto b. Si definiscono cementi a basso contenuto di alcali quelli con tenore di ossido di sodio equivalente efficace inferiore allo 0.6% (come Na2Oeq). Il valore certificato dovrà essere quello ottenuto dalla media di 25 determinazioni eseguite, su campionature consecutive, nei due mesi antecedenti l'inizio dei getti. Il campo di variabilità del contenuto dovrà ricadere in un intervallo compreso tra ± 0.15% rispetto al valore medio certificato.

b Ossido di sodio equivalente efficace nelle aggiunte

Per le aggiunte, sia aventi attività idraulica sia inerti, verrà determinato il tenore di Na2Oeq secondo il metodo di prova descritto nella Norma UNI ENV 196 p.te 21°, con la procedura di attacco di cui al punto 7.5.2. della stessa norma.

Di tale ossido di sodio equivalente dovrà essere considerato nel calcolo solamente il 50% di quello nelle loppe di altoforno ed il 17% di quello nei materiali pozzolanici.

Il campo di variabilità del contenuto, dovrà ricadere in un intervallo compreso tra ±0.05% rispetto al valore medio certificato.

c Ossido di sodio equivalente efficace nell'aggregato

Il contenuto in Na2Oeq degli alcali presenti nell'aggregato come cloruro di sodio (aggregati non lavati) dovrà essere calcolato secondo l'espressione:

Na2Oeq = 0.76 CI %

d Ossido di sodio equivalente efficace negli additivi e nell'acqua di impasto

L'ossido di sodio equivalente presente nell'acqua di impasto e negli additivi dovrà essere considerato efficace al 100%.

Nelle acque potabili la concentrazione è così bassa da poter essere trascurata.

Ove sia prevedibile che gli aggregati possano reagire con gli alcali contenuti negli altri costituenti il calcestruzzo, si dovranno adottare misure atte a prevenire o limitare tale reazione nei calcestruzzi, qualora le conseguenze del danno non siano accettabili e/o la

struttura possa trovarsi esposta in ambienti tali da consentire frequentemente la saturazione del conglomerato.

Sulla base dei fattori di accettabilità e della classe di esposizione ambientale si dovranno adottare le seguenti forme di prevenzione:

- nel caso di calcestruzzo in classe di esposizione ambientale X0 dovrà essere valutata caso per caso l'opportunità di impiegare l'aggregato a rischio.

- nel caso di calcestruzzo in classe di esposizione ambientale XC1, XC2 l'utilizzo di un aggregato reattivo o a rischio potrà essere autorizzato dal Direttore dei Lavori qualora l'Appaltatore dimostri di adottare uno o più dei seguenti provvedimenti:

– impiego di cementi a basso tenore di alcali: alcali efficaci, espressi come sodio equivalente Na2Oeq minori dello 0.6%;

– impiego di un cemento pozzolanico CEM IV con contenuto di pozzolana non minore del 30%;

– impiego di un cemento di altoforno CEM III con contenuto di loppa non minore del 50%;

– Impiego di fumo di silice condensato come aggiunta minerale alla miscela di calcestruzzo.

Altri provvedimenti, quali ad esempio l'aggiunta di ceneri volanti, potranno essere autorizzati dal Direttore dei Lavori solamente se giustificati dai risultati di una sperimentazione diretta.

In ogni caso se il contenuto di alcali nella miscela espressi come Na2Oeq, tenendo conto del contributo di tutti i costituenti la miscela, non eccede il valore di 3.000 g/m3 di calcestruzzo, analizzata l'accettabilità del rischio, potrà autorizzare l'impiego di tali aggregati; se il contenuto di alcali efficaci, pur eccedendo il limite indicato, sarà ≤ 4.000 g/m3 di calcestruzzo, l'Appaltatore, al fine di poter utilizzare gli aggregati reattivi, dovrà dimostrare attraverso apposita sperimentazione concordata con il Direttore dei Lavori, l'assenza di un rischio non accettabile per la durabilità delle strutture.

- nel caso di classi di esposizione ambientale XF, XS, XD, XC, XA, l'aggregato reattivo o a rischio potrà essere utilizzato solamente se il contenuto di alcali efficaci nella miscela, espressi come sodio equivalente, non eccede il valore di 3000 g/m^3 di calcestruzzo. L'Appaltatore al fine di poter utilizzare gli aggregati reattivi, dovrà dimostrare attraverso una sperimentazione diretta, concordata con il Direttore dei Lavori, l'assenza di un rischio non accettabile per la durabilità delle strutture.

Il Direttore dei Lavori potrà far sottoporre l'aggregato a rischio alle prove di caratterizzazione indicate al seguente punto 8.12.7.1 intervalli non maggiori di 30 (trenta) giorni.

In tutti i casi di calcestruzzi soggetti a possibile reazione alcali-aggregato la profondità media del profilo di penetrazione dell'acqua sotto pressione, determinata con le modalità previste nella Norma ISO 7031 su carote prelevate dalla struttura, dovrà essere minore di 20 mm con valori massimi non maggiori di 40 mm.

8.12.7.1 Prove per la valutazione della reazione alcali - aggregati

Forme di silice reattiva presenti negli aggregati in Italia

Per quanto riguarda la descrizione delle forme di silice reattiva che potrebbero essere presenti negli aggregati si dovrà fare riferimento alla Norma UNI 8520 p.te 4°.

Le rocce, nelle quali sono stati riscontrati minerali reattivi, sono:

- diaspri, ftaniti e simili nei quali il minerale reattivo è rappresentato da selce, costituita da quarzo microcristallino associato a calcedonio fibroso e silice opalina;

- calcari arenacei (calcareniti e biocalcareniti) costituiti da calcite accompagnata da lenti di selce, gusci fossili, gusci fossili silicei e da granuli di quarzo con estinzione ondulata;

- calcari silicizzati, costituiti da materiale di natura calcarea associati a gusci fossili calcitici parzialmente o totalmente silicizzati, oltre a quarzo e calcedonio.

Prove per la caratterizzazione degli aggregati

La prima prova da eseguire, al fine di formulare un giudizio sul comportamento dell'aggregato in presenza di alcali, dovrà essere la prova accelerata di espansione di prismi di malta secondo il metodo della Norma UNI 8520/22. L'aggregato è idoneo se l'espansione risulta inferiore a 0.1% dopo 14 giorni.

Nel caso in cui il risultato della prova sia dubbio (espansione compresa tra 0.1 e 0.2%) dovrà essere eseguito sia l'esame petrografico del materiale secondo la Norma ASTM C 295, al fine di individuare i materiali responsabili delle espansioni dei prismi di malta, sia la prova secondo la Norma UNI 8520/22 con i limiti di accettabilità previsti nella Norma UNI 8520/2.

8.12.7.2 Reazioni chimiche tra alcali ed aggregati (alcali - carbonati dolomitici)

Qualora sia possibile la presenza di dolomia reattiva nell'aggregato, dovrà essere eseguita la prova ultra-accelerata di espansione di prismi di malta secondo il metodo descritto nella Norma UNI 8520/22.

8.12.8 Dilavamento

Il grado di attacco deve essere valutato in funzione del contenuto di CO_2 aggressiva nelle acque secondo quanto riportato nella Tabella 8.8.

Conseguentemente devono essere utilizzati cementi a moderata, alta o altissima resistenza al dilavamento.

8.12.9 Getti massivi

Si considerano massivi i getti il cui spessore supera le seguenti misure:

80 cm per i getti allo scoperto;

– 100 cm per i getti in galleria.

In questo caso, in fase di progetto del mix, dovrà essere:

utilizzato cemento a basso calore di idratazione (CEM III, IV o V);

evitato l'impiego di cementi tipo "R" (a presa rapida);

previsto l'impiego di additivi ritardanti;

ove necessario, e dietro approvazione della DL si potrà, inoltre, ricorrere al raffreddamanto dell'acqua di impasto.

8.13 CALCESTRUZZO GETTATI IN OPERA: PRODUZIONE, TRASPORTO E POSA IN OPERA

8.13.1 Centrali di betonaggio ed impianti di cantiere

I conglomerati cementizi possono essere confezionati esclusivamente in centrali di betonaggio o impianti di cantiere che siano stati preventivamente esaminati ed approvati dalla Direzione Lavori.

L'effettiva capacità produttiva oraria delle centrali e degli impianti dovrà essere commisurata alle produzioni previste dal Programma di Costruzione.

Gli impianti e le centrali di betonaggio dovranno essere dotati di sistema di dosaggio automatico e di tutti gli strumenti ed attrezzature idonei a garantire un costante controllo dei dosaggi di tutti i componenti, delle granulometrie e dell'umidità degli aggregati.

Ogni centrale di betonaggio od impianto di cantiere dovrà avere al proprio interno un laboratorio dotato di tutti le attrezzature per effettuare le prove di controllo in corso d'opera.

Per evitare che l'acqua piovana possa alterare bruscamente l'umidità degli aggregati nelle tramogge, queste dovranno essere coperte con idonee tettoie. Analogamente i nastri caricatori delle tramogge e quelli che vanno dall'impianto di miscelazione alla bocca di carico dovranno essere coperti anche al fine di ridurre l'inquinamento acustico ed il sollevarsi di polveri specie in presenza di forte vento.

Nel caso in cui l'acqua per gli impasti sia accumulata in cisterne, queste dovranno essere opportunamente posizionate per limitare gli effetti delle basse ed alte temperature; in particolare dovranno essere protette (con tettoie ecc.) dall'irraggiamento diretto.

Ogni centrale/impianto di betonaggio dovrà essere dotato di un sistema di recupero e trattamento dei calcestruzzi freschi di risulta nonché delle acque di lavaggio per il loro eventuale riciclo.

Il calcestruzzo residuo contenuto nelle autobetoniere, nei bilici, autocarri, pompe, ecc. e quello eventualmente rifiutato dalla Direzione di Cantiere ovvero respinto dalla Direzione Lavori non potrà essere portato e gettato a discarica ma dovrà essere inviato ad un apposito impianto di recupero del cls fresco da installarsi a cura e spese dell'Appaltatore che provvederà, tramite idonei macchinari e vasche, alla separazione del cemento e degli aggregati, al recupero di quest'ultimi ed al trattamento dell'acqua.

Gli aggregati una volta recuperati non dovranno essere reimpiegati per la preparazione di nuovi calcestruzzi ma potranno essere usati per la realizzazione di opere in terra nell'ambito dei lavori.

Per la qualificazione delle centrali ed impianti di betonaggio per il confezionamento dei calcestruzzi si rimanda alla procedura.

8.13.2 Cemento

Non è consentito mescolare fra loro cementi di diverso tipo, classe e provenienza; per ciascuna opera dovrà essere impiegato un unico tipo di cemento (tipo, classe, produttore e stabilimento di produzione).

Il cemento, se in sacchi, sarà sistemato su pedane poste su un pavimento asciutto ed in ambiente chiuso. I sacchi di cemento di diverso tipo verranno conservati separatamente e chiaramente identificati con idonei cartelli.

Il cemento, se sfuso, sarà conservato in silos che garantiscano la perfetta tenuta nei confronti dell'umidità atmosferica; ogni silo conterrà un unico tipo e classe di cemento proveniente da uno stesso stabilimento di produzione; a tale scopo il silo dovrà essere, chiaramente identificato mediante un cartello di idonee dimensioni facilmente visibile dalla cabina di comando della centrale o dell'impianto di betonaggio.

Il dosaggio ed il tipo di cemento dovranno essere scelti in relazione al tipo ed alle caratteristiche costruttive dell'opera ed a quelle ambientali in cui la stessa si verrà a trovare, con particolare riferimento alla resistenza meccanica, durabilità e temperatura del getto in fase di indurimento.

8.13.3 Aggregati

Gli aggregati dovranno essere stoccati in quantità congruente con il programma lavori e comunque sufficiente a completare qualsiasi opera che debba essere gettata senza interruzioni. Il luogo di stoccaggio dovrà essere di dimensioni adeguate e consentire l'immagazzinamento con separazione delle diverse pezzature che dovranno essere divise da appositi setti.

Per ogni cumulo dovrà essere apposto un cartello di idonee dimensioni indicante la classe granulometrica dell'aggregato.

La superficie di appoggio di ogni cumulo dovrà essere conformata in modo tale da consentire l'allontanamento dell'acqua piovana e di percolazione.

Si raccomanda che i cumuli siano coperti da idonee tettoie.

Gli aggregati dovranno essere prelevati in modo tale da garantire la rotazione continua dei volumi stoccati.

8.13.4 Pesatura e miscelazione

Il cemento, l'acqua, le eventuali aggiunte (ceneri e microsilice) e gli additivi, dovranno essere misurati con dispositivi separati e usati esclusivamente per ciascuno di essi; gli aggregati dovranno essere dosati per pesate singole o cumulative di almeno tre classi.

Il cemento dovrà essere sempre pesato con bilancia indipendente più sensibile di quella utilizzata per gli aggregati.

Il tenore di umidità di tutte le diverse classi di aggregati dovrà essere controllato almeno una volta al giorno e comunque ogni volta che cambiano le condizioni atmosferiche nel corso della giornata il tenore di umidità di tutti gli aggregati; inoltre le tramogge contenenti le sabbie dovranno essere dotate di strumenti idonei (sonde di rilevamento) a misurare l'umidità

nelle sabbie stesse all'inizio di ciascuna pesata in modo da eseguire automaticamente la correzione di peso effettivo rispetto al teorico e la detrazione dell'acqua presente nell'aggregato. Per gli aggregati grossi, in assenza di sonde di rilevamento la percentuale di umidità potrà essere impostata in modo fisso in base alle rilevazioni giornaliere che dovranno essere registrate su idoneo modulo.

In centrale/impianto di betonaggio dovrà essere disponibile un quaderno dove dovranno essere riportati almeno una volta al giorno tutti i valori del tenore di umidità per le varie classi di aggregati confrontati, per quelli fini con quelli letti automaticamente dalle sonde. Per questi ultimi, nel caso in cui il valore letto dalle sonde differisca più dello 0,5% rispetto a quello ottenuto con la prova manuale dovranno essere indicati i provvedimenti apportati per la correzione della taratura delle sonde e per la correzione della miscela.

Il cemento, l'acqua e gli eventuali additivi dovranno essere dosati con precisione di almeno il 2% e gli aggregati con una precisione del 3% per ogni singola classe di accordo con le specifiche della norma UNI 9858 parte 9.8.

La centrale - impianto di betonaggio dovrà essere dotata di pesi campione o di altri dispositivi ausiliari di taratura, per controllare l'accuratezza di ogni misura in tutto il campo di valori consentito da ogni strumento. Verrà predisposto un programma di controlli delle tarature eseguito da personale qualificato: le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi, tarate all'inizio del lavoro e successivamente almeno una volta all'anno.

L'impianto dovrà essere costruito in maniera tale che i componenti di un nuovo impasto non possano essere pesati finché non sia stata ultimata la pesata e Io scarico dei componenti dell'impasto precedente.

Nel luogo di produzione ed in cantiere, inoltre, saranno installati termometri atti a misurare la minima e la massima temperatura atmosferica giornaliera

L'impianto dovrà essere di tipo completamente automatizzato. Il sistema di gestione e controllo dell'impianto dovrà essere in grado di stampare per ogni carico una bolla ove devono essere riportati per le varie colonne:

- n° identificativo del mix in produzione;
- la classe di resistenza caratteristica
- la classe di esposizione ambientale
- la classe di consistenza
- i metri cubi trasportati
- soggetto (ad esempio impresa esecutrice) richiedente la fornitura;
- cantiere di destinazione;
- opera (ed eventualmente parte d'opera) cui si riferisce la fornitura;
- ora di fine carico del mix prodotto;
- identificazione (ad esempio targa) del mezzo di trasporto;
- materiali componenti il mix con indicati:
- per gli aggregati: la pezzatura nominale e la cava di provenienza;
- per i cementi: tipo, classe, produttore e cementificio;

- per le aggiunte (ceneri volanti e microsilice): tipo e provenienza;
- per gli additivi (fluidificanti, superfluidificanti, aeranti, ecc.): marca e tipo;
- per l'acqua: se proveniente da acquedotto, pozzo, cisterna.
- la ricetta, per un mc, del mix in fase di produzione;
- la ricetta del mix per gli n mc in fase di produzione;
- l'umidità relativa alle singole classi di aggregati (rilevata automaticamente con le sonde almeno per gli aggregati fini);
- la ricetta per gli n mc in produzione, corretta in funzione dell'umidità relativa alle varie classi degli aggregati;
- l'effettivo carico (dosaggio) per ogni singolo componente;
- la differenza (+/-)) tra quanto effettivamente caricato e il teorico corretto;
- l'errore percentuale di carico (dosaggio) per ogni singolo componente;
- il rapporto acqua/cemento di progetto del mix (considerando gli aggregati saturi con superficie asciutta) e quello effettivamente ottenuto dopo il carico (dosaggio) tenuto anche conto dell'umidità degli aggregati.

Si dovrà inoltre avere automaticamente evidenza:

ogni qual volta l'errore di dosaggio supera la tolleranza ammessa (2% per cemento, aggiunte, additivi ed acqua; 3% per ogni singola classe di aggregati);ogni qual volta si passa da funzionamento automatico a quello manuale dell'impianto

Gli impasti dovranno rispondere ai requisiti di omogeneità di cui appresso e a tal fine il tempo e la velocità di mescolamento dovranno essere adeguati.

Al fine di garantire un migliore controllo del rapporto acqua/cemento e una corretta miscelazione dell'impasto, si raccomanda l'impiego di impianti di betonaggio con premiscelatore a satelliti, correzione automatica del rapporto acqua-cemento e controllo della consistenza.

In caso di impiego di impianti di betonaggio privi di premiscelatore onde garantire la corretta miscelazione dell'impasto in betoniera occorre che la stessa giri alla massima velocità per un tempo (T)

$T > n+2$

ove: n = numero dei metri cubi di calcestruzzo caricati;

T = tempo in minuti

La necessaria e/o prescritta lavorabilità potrà essere ottenuta, insieme ai bassi valori del rapporto A/C, mediante l'impiego di additivi fluidificanti o superfluidificanti e mai impiegando maggiori quantità di acqua complessiva rispetto a quella prevista nella composizione di progetto (mix - design) del conglomerato cementizio.

8.14 TRASPORTO E SCARICO

Nel caso di miscelazione diretta in betoniera, ferme restando le prescrizioni del tempo di miscelazione fornite nel precedente punto, si dovrà fare in modo che una parte dell'acqua e di aggregato grosso venga caricata prima del cemento e degli altri aggregati.

Il trasporto del conglomerato cementizio dal luogo del confezionamento a quello di impiego dovrà avvenire utilizzando mezzi ed attrezzature idonee ad evitare che si verifichi la segregazione dei vari componenti l'impasto o il deterioramento dell'impasto stesso.

In ogni caso il tempo intercorrente tra il confezionamento dell'impasto all'impianto ed il getto non dovrà essere superiore a 60 minuti.

In caso di particolari condizioni operative (ad esempio getti in galleria a notevole distanza dall'imbocco), qualora sia stato eseguito uno specifico studio di qualifica del mix che ne attesti il mantenimento della lavorabilità nel tempo con controllo dell'abbassamento al cono di Abrams ogni 15' e qualora la temperatura esterna sia compresa nell'intervallo tra 5°C e 30°C, tale tempo potrà essere esteso fino a 90 minuti.

Nel caso in cui per il mantenimento della lavorabilità a lungo periodo occorresse una "ritempera" della miscela di calcestruzzo fresco, questa potrà avvenire solo mediante aggiunta di additivo superfluidificante secondo quanto specificato nei precedenti paragrafi.

Le betoniere dovranno essere esaminate periodicamente per verificare la diminuzione dell'efficacia dovuta sia ad accumulo di conglomerato indurito o legante che all'usura delle lame. L'autobetoniera dovrà essere dotata di apposito libretto che attesti le revisioni periodiche effettuate (ogni 4000 mc. o almeno una volta al mese).

Ogni carico di conglomerato cementizio dovrà essere accompagnato da una bolla.

Il personale dell'Appaltatore sarà tenuto ad esibire dette bolle, su richiesta, al personale della Direzione Lavori.

Se pompato, il conglomerato cementizio dovrà avere alla bocca di uscita della tubazione il valore dello slump di progetto.

All'atto dello scarico saranno controllate l'omogeneità e la lavorabilità dell'impasto.

8.15 GETTO E MATURAZIONE DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO

8.15.1 Programmazione dei getti

L'Appaltatore è tenuto a presentare, ogni settimana alla Direzione Lavori un modulo preventivamente concordato con la stessa riportante il dettagliato programma settimanale dei getti previsti per il piano successivo con indicati:

- il luogo, l'ora, l'opera e la struttura;
- i m3 di cls previsti, la classe di resistenza e i codici delle miscele utilizzate;
- i relativi impianti di confezionamento.

Ogni variazione al programma dovrà essere comunicata (salvo casi dovuti a motivi di sicurezza), in forma scritta, con un preavviso minimo di 24 ore.

8.15.2 Operazioni di getto

I getti potranno avere inizio solo dopo che il Direttore dei Lavori avrà verificato:

- preparazione e rettifica dei piani di posa;

- pulizia delle casseforme;

- posizione e corrispondenza al progetto delle armature e del copriferro;

- posizione delle eventuali guaine dei cavi per la precompressione;

- posizione degli inserti (giunti, water stop, ecc.).

Nel caso di getti contro terra si dovrà controllare con particolare cura che siano stati eseguiti, in conformità alle disposizioni di progetto:

- la pulizia del sottofondo;

- la posizione di eventuali drenaggi;

- la stesa di materiale isolante o di collegamento.

I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto e alle eventuali prescrizioni aggiuntive.

In nessun caso si dovranno verificare cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento; in tale ultimo caso l'Appaltatore dovrà provvedere al loro ripristino.

Prima del getto tutte le superfici di contenimento del calcestruzzo dovranno essere pulite, lavate con acqua o aria in pressione e trattate con prodotti disarmanti preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori; se porose, dovranno essere mantenute umide per almeno due ore prima dell'inizio dei getti. I ristagni d'acqua dovranno essere allontanati dal fondo.

Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti a evitarne la segregazione. L'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, misurata dall'uscita dello scivolo o della bocca del tubo convogliatore, non dovrà mai essere maggiore di 100 cm. Il calcestruzzo dovrà cadere verticalmente ed essere steso in strati orizzontali, di spessore misurato dopo la vibrazione comunque non maggiore di 50 cm .

Il calcestruzzo dovrà essere posto in opera e addensato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee, perfettamente regolari, senza vespai o nidi di ghiaia ed esenti da macchie o chiazze. I vespai eventualmente formatisi durante la posa in opera dovranno essere dispersi prima della vibrazione del calcestruzzo.

A meno che non sia altrimenti stabilito, il calcestruzzo dovrà essere addensato con un numero di vibratori a immersione o a parete determinato, prima di ciascuna operazione di getto, in relazione alla classe di consistenza del calcestruzzo, alle caratteristiche dei vibratori e alla dimensione del getto stesso, la durata della vibrazione è determinata da tempo intercorso dall'immersione totale del vibratore fino all'affioramento in superficie della boiacca. Per omogeneizzare la massa durante il costipamento di uno strato i vibratori a immersione dovranno penetrare per almeno 5 cm nello strato inferiore. E' vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo con l'impiego del vibratore.

Le attrezzature non funzionanti dovranno essere immediatamente sostituite in modo che le operazioni di costipamento non vengano rallentate o risultino insufficienti.

Per getti in pendenza dovranno essere predisposti dei cordolini di arresto che evitino la formazione di lingue di calcestruzzo troppo sottili per essere vibrate efficacemente.

Nel caso di getti da eseguire in presenza d'acqua l'Appaltatore dovrà adottare gli accorgimenti necessari per impedire che l'acqua dilavi il calcestruzzo e ne pregiudichi la regolare presa e maturazione; inoltre dovrà provvedere con i mezzi più adeguati all'aggottamento o alla deviazione della stessa o, in alternativa, adottare per l'esecuzione dei getti miscele con caratteristiche idrorepellenti preventivamente autorizzate dal Direttore dei Lavori.

8.15.3 Riprese di getto

Di norma i getti dovranno essere eseguiti senza soluzione di continuità, in modo da evitare ogni ripresa. Nel caso ciò non fosse possibile, a insindacabile giudizio del Direttore dei Lavori, prima di poter effettuare la ripresa la superficie del calcestruzzo indurito dovrà essere accuratamente pulita, lavata, spazzolata e scalfita fino a diventare sufficientemente rugosa, così da garantire una perfetta aderenza con il getto successivo; ciò potrà essere ottenuto anche mediante l'impiego di additivi ritardanti o di ritardanti superficiali.

Dovranno essere definiti i tempi massimi di ricopertura dei vari strati successivi, così da consentire l'adeguata rifluidificazione e conseguentemente l'omogeneizzazione della massa di calcestruzzo per mezzo di vibrazione.

Tra le successive riprese di getto non si dovranno avere distacchi, discontinuità o differenze di aspetto e colore; in caso contrario l'Appaltatore dovrà provvedere ad applicare adeguati trattamenti super-ficiali traspiranti al vapore d'acqua.

Nelle strutture impermeabili dovrà essere garantita la tenuta all'acqua dei giunti di costruzione con idonei accorgimenti, da indicare nel progetto e preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori.

8.15.4 Getti in clima freddo

Ai fini del getto del calcestruzzo, il clima si definisce "freddo" quando la temperatura dell'aria è minore di 5°C.

In queste condizioni il getto potrà essere eseguito dietro il rispetto delle seguenti prescrizioni:

nel caso in cui la temperatura dell'aria sia compresa fra 0°C e + 5° C, la produzione e la posa in opera del conglomerato cementizio dovranno essere sospese, a meno che non sia garantita una temperatura dell'impasto al momento del getto non inferiore a + 10°C;

questa temperatura potrà essere ottenuta eventualmente anche mediante un adeguato sistema di preriscaldamento degli inerti e/o dell'acqua di impasto all'impianto di betonaggio. In questo caso, però, la temperatura raggiunta dall'impasto non deve mai essere superiore a 25°C.

per temperature comprese fra -4°C e 0°C è ammessa esclusivamente l'esecuzione di getti relativi a fondazioni, pali e diaframmi, ferme restando le condizioni dell'impasto di cui ai punti precedenti.

Per i plinti bisognerà comunque adottare le seguenti precauzioni:

- adottare la massima cura nella vibrazione e compattazione del conglomerato;

- proteggere ed isolare i getti mediante opportune protezioni da concordare preventivamente con la DL onde permettere l'avvio della presa ed evitare la dispersione del calore di idratazione;

- mantenere le strutture casserate per un periodo minimo di due giorni;

- scegliere, per il getto, le ore più calde della giornata.

- In ogni caso, prima del getto la neve e il ghiaccio devono essere rimossi dai casseri dalle armature e dal sottofondo

- in nessun caso un getto può essere eseguito quando la temperatura dell'aria esterna è inferiore a –4°C, salvo specifiche prescrizioni di Capitolato Speciale, corredate dai relativi controlli, che dovranno essere preventivamente approvate.

8.15.5 Getti in clima caldo

Se durante le operazioni di getto la temperatura dell'aria supera i 35°C all'ombra, la temperatura dell'impasto non dovrà superare i 30°C; tale limite potrà essere convenientemente abbassato per getti massivi.

La temperatura delle casseforme dovrà essere ricondotta a tale valore con tolleranza di 5°C mediante preventivi getti esterni di acque fredda.

Al fine di abbassare la temperatura del calcestruzzo potrà essere usato ghiaccio, in sostituzione di parte dell'acqua di impasto, o gas refrigerante di cui sia garantita la neutralità nei riguardi delle caratteristiche del calcestruzzo e dell'ambiente.

Per ritardare la presa del cemento e facilitare la posa e la finitura del calcestruzzo potranno essere impiegati additivi ritardanti, o fluidificanti ritardanti di presa, preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori.

8.16 STAGIONATURA

I metodi di stagionatura e la loro durata dovranno essere tali da garantire per il calcestruzzo indurito:

a) la prescritta resistenza e durabilità;

b) la assenza di fessure o cavillature in conseguenza del ritiro per rapida essiccazione delle superfici di getto o per sviluppo di elevati gradienti termici all'interno della struttura.

Deve quindi essere previsto un adeguato periodo di stagionatura protetta, iniziato immediatamente dopo aver concluso le operazioni di posa in opera, il calcestruzzo potrà raggiungere le sue proprietà potenziali nella massa e in particolare nella zona superficiale.

La protezione consiste nell'impedire, durante la fase iniziale del processo di indurimento:

a) l'essiccazione della superficie del calcestruzzo, perché l'acqua è necessaria per l'idratazione del cemento e, nel caso in cui si impieghino cementi di miscela, per il progredire delle reazioni pozzolaniche; inoltre per evitare che gli strati superficiali del manufatto indurito risultino porosi. L'essiccazione prematura rende il copriferro permeabile e quindi scarsamente resistente alla penetrazione delle sostanze aggressive presenti nell'ambiente di esposizione.

b) il congelamento dell'acqua d'impasto prima che il calcestruzzo abbia raggiunto un grado adeguato di indurimento;

c) che i movimenti differenziali, dovuti a differenze di temperatura attraverso la sezione del manufatto, siano di entità tale da generare fessure.

Nella Tabella 8.9 sono riportati i tempi minimi di stagionatura, in giorni, per strutture esposte nelle classi di esposizione da "non significativa" a "normale".

Tabella 8.9 Durata minima in giorni della stagionatura protetta

Sviluppo della resistenza del calcestruzzo in funzione delle condizioni ambientali	**Rapido**			**Medio**			**Lento**		
Temperatura del calcestruzzo (°C)	**5**	**10**	**15**	**5**	**10**	**15**	**5**	**10**	**15**
I) Non esposto ad insolazione diretta ; UR dell'aria circostante ≥80%	2	2	1	3	3	2	3	3	2
II) Insolazione diretta media o vento di media velocità o UR >50%	4	3	2	6	4	3	8	5	4
III) Insolazione intensa o vento di forte velocità o UR <50%	4	3	2	8	6	5	10	8	5

Per condizioni di esposizione ambientale più gravose, le durate di stagionatura della tabella 5.1 dovranno essere aumentate secondo le disposizioni della DL per essere sicuri che il copriferro sia diventato pressoché impervio alla penetrazione delle sostanze contenute nell'ambiente di esposizione.

La velocità di sviluppo della resistenza del calcestruzzo può essere valutata dalla Tabella 8.10.

Tabella 8.10 Sviluppo della resistenza del calcestruzzo

Velocità di sviluppo della resistenza	**A/C**	**Classe di resistenza del cemento**
Rapida	<0.5	42.5 R
Media	0.5-0.6 <0.5	42.5R 32.5R – 42.5
Lenta	negli altri casi	

Le indicazioni sopra riportate relative alle condizioni di stagionatura per conseguire una adeguata impermeabilità dello strato superficiale non prendono in considerazione gli aspetti della sicurezza strutturale in relazione ai quali può essere stabilito un tempo minimo maggiore per raggiungere la resistenza voluta alla rimozione dei casseri.

Si dovranno seguire le raccomandazioni delle norme UNI 9859, determinando eventualmente mediante appositi strumenti, l'età equivalente del calcestruzzo.

I metodi di stagionatura proposti dal Progettista dovranno essere preventivamente sottoposti all'esame del Direttore dei Lavori che potrà richiedere delle verifiche sperimentali con le modalità di seguito descritte.

Nel caso siano previste, nelle 24 ore successive al getto durante la fase di stagionatura, temperature dell'aria con valori minori di 5°C o maggiori di 35°C, l'Appaltatore dovrà utilizzare esclusivamente casseri in legno o coibentati sull'intera superficie del getto ed eventualmente teli isolanti.

I materiali coibenti di più comune utilizzo sono:

- fogli di polistirolo o poliuretano espansi, tagliati opportunamente e fissati ai casseri;
- fogli di lana di roccia ricoperti da fodere di polietilene;
- fogli di schiuma vinilica;
- schiume poliuretaniche spruzzate sull'esterno della cassaforma.

Per un più efficace utilizzo tali materiali dovranno essere sempre protetti dall'umidità con teloni impermeabili.

Tutte le superfici dovranno essere mantenute umide per almeno 48 ore dopo il getto mediante utilizzo di prodotti filmogeni applicati a spruzzo ovvero mediante continua bagnatura con serie di spruzzatori d'acqua o con altri idonei sistemi. Per le solette é preferibile utilizzare i prodotti filmogeni citati o eseguire la bagnatura continuamente rinnovata. Qualora il prodotto filmogeno venga applicato su una superficie di ripresa, prima di eseguire il successivo getto si dovrà procedere a ravvivare la superficie.

Il metodo di stagionatura prescelto dovrà assicurare che le variazioni termiche differenziali nella sezione trasversale delle strutture, da misurare con serie di termocoppie, non provochino fessure o cavillature tali da compromettere le caratteristiche del calcestruzzo indurito. Tali variazioni termiche potranno essere verificate direttamente nella struttura mediante serie di termocoppie predisposte all'interno del cassero nella posizione indicata dal Progettista.

Anche se non è possibile stabilire esatti limiti per le differenze di temperatura che sono accettabili nelle sezioni trasversali in fase di indurimento, poiché esse dipendono non solo dalla composizione dell'impasto e dalle caratteristiche di sviluppo della resistenza, ma anche dalla forma geometrica dell'elemento strutturale e dalla velocità con la quale il manufatto, dopo la rimozione dei casseri, raggiunge l'equilibrio termico con l'ambiente, dovranno essere rispettati i limiti seguenti per limitare le tensioni di origine termica:

a) una differenza massima di 20°C sulla sezione durante il raffreddamento dopo la rimozione dei casseri;

una differenza massima di 10-15°C attraverso i giunti di costruzione e per strutture con sezioni di dimensioni molto variabili.

Al fine di evitare congelamenti superficiali o totali di strutture sottili oppure innalzamenti di tempera-tura troppo elevati con conseguente abbattimento delle proprietà del calcestruzzo indurito nel caso di strutture massive, il Progettista dovrà quantificare in sede progettuale il bilancio termico complessivo durante la fase di indurimento, in funzione del calore di idratazione e della temperatura esterna.

Durante il periodo di stagionatura protetta si dovrà evitare che i getti subiscano urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

8.16.1 Accelerazione dei tempi di stagionatura

Di norma per i calcestruzzi gettati in opera viene esclusa l'accelerazione dei tempi di maturazione con trattamenti termici.

La maturazione accelerata dei calcestruzzi con trattamento termico sarà permessa solo qualora siano state condotte indagini sperimentali sul tipo di trattamento termico che si intende adottare e dietro esplicita approvazione della DL. In particolare si dovrà controllare che a un aumento delle resistenze iniziali corrisponda una resistenza a 28 giorni non minore del 95% di quella che si otterrebbe con maturazione in condizioni standard (20 °C e 100% di UR, umidità relativa).

Dovranno, inoltre, essere rispettate le prescrizioni riportate nel paragrafo 6.5

8.16.2 Stagionatura di getti massivi

Si rimanda, per la definizione di "getti massivi", al paragrafo 8.12.

In fase di maturazione dovranno essere sempre applicati gli accorgimenti prescritti a proposito dei getti ordinari, dovrà essere evitata la scasseratura precoce e, dove necessario, si dovrà procedere al raffreddamento dell'interno del getto mediante circolazione di liquido.

L'appaltatore dovrà programmare il getto in modo da eseguirlo nelle ore più opportune in relazione alla prevedibile temperatura ambientale al momento del getto stesso ed al suo prevedibile sviluppo nelle ore successive.

Dovrà, inoltre, sottoporre all'approvazione della DL il programma di maturazione.

8.17 CARATTERISTICHE ESTETICHE

Affinché il colore superficiale del calcestruzzo, determinato dalla sottile pellicola di malta che si forma nel getto a contatto con la cassaforma, risulti il più possibile uniforme, il cemento utilizzato in ciascuna opera dovrà provenire dallo stesso cementificio ed essere sempre dello stesso tipo e classe, la sabbia dovrà provenire dalla stessa cava ed avere granulometria e composizione costante.

Le opere o i costituenti delle opere a "faccia a vista" che dovranno avere lo stesso aspetto esteriore dovranno ricevere lo stesso trattamento di stagionatura; in particolare si dovrà curare che l'essiccamento della massa del calcestruzzo sia lento e uniforme.

Si dovranno evitare condizioni per le quali si possano formare efflorescenze sul calcestruzzo; qualora queste apparissero, sarà onere dell'Appaltatore eliminarle tempestivamente mediante spazzolatura, senza impiego di acidi.

Le superfici finite e curate come indicato ai punti precedenti dovranno essere adeguatamente protette se le condizioni ambientali e di lavoro saranno tali da poter essere causa di danno in qualsiasi modo alle superfici stesse.

Si dovrà evitare che vengano prodotte sulla superficie finita scalfitture, macchie o altro che ne pregiudichino la durabilità o l'estetica.

Si dovranno evitare inoltre macchie di ruggine dovute alla presenza temporanea dei ferri di ripresa; in tali casi occorrerà prendere i dovuti provvedimenti evitando che l'acqua piovana scorra sui ferri e successivamente sulle superfici finite del getto.

Qualsiasi danno o difetto della superficie finita del calcestruzzo dovrà essere eliminato a cura dell'Appaltatore, con i provvedimenti preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori.

Tutti gli elementi, metallici e non, utilizzati per la legatura ed il sostegno dei casseri dovranno essere rimossi dopo la scasseratura

8.18 RIPRISTINI E STUCCATURE

Nessun ripristino o stuccatura potrà essere eseguito dopo il disarmo del calcestruzzo senza il preventivo controllo del Direttore dei Lavori, che dovrà autorizzare i materiali e la metodologia, proposti dal Progettista, da utilizzare per l'intervento.

A seguito di tali interventi, il DL potrà richiedere, per motivi estetici, la ripulitura o la verniciatura con idonei prodotti delle superfici del getto.

8.19 TOLLERANZE COSTRUTTIVE

Per l'accettazione dei manufatti di conglomerato cementizio armato si precisa quanto segue.

1. Per le microfessure da ritiro non è ammessa tolleranza sui valori di progetto.

2. Non è prevista tolleranza sull'assenza di vespai né di armature affioranti. Eventuali anomalie dovranno essere opportunamente indagate. La eventuale eccessiva presenza di alveoli dovrà essere oggetto di analisi e, se del caso, di intervento.

3. In assenza di prescrizioni specifiche, gli scostamenti ammissibili (tolleranze) rispetto alle dimensioni e/o quote dei progetti sono riportati di seguito per i vari elementi strutturali; lo scostamento "S" è espresso in cm:

a) Fondazioni: plinti, platee, solettoni ecc:

- posizionamento rispetto alle coordinate di progetto: $S = \pm 3.0$cm
- dimensioni in pianta : $S = -3.0$cm $\div +5.0$cm
- dimensioni in altezza (superiore) $S = -0.5$cm $\div +3.0$cm
- quota altimetrica estradosso $S = -0.5$cm $\div +2.0$cm

b) Strutture in elevazione: pile, spalle, muri ecc.:

- posizionamento rispetto alle coordinate

  agli allineamenti di progetto: $S = \pm 2.0$ cm

  dimensione in pianta (anche per pila piena): $S = -0.5$cm $\div +2.0$cm
- spessore muri, pareti, pile cave o spalle: $S = -0.5$cm $\div +2.0$cm

  quota altimetrica sommità: $S = \pm 1.5$ cm
- verticalità per $H < 600$ cm $S = \pm 2.0$ cm
- verticalità per: $1200 \text{ cm} \geq H \geq 600$ cm $S = \square H/3$ cm

(tolleranza in centimetri – H in metri)

- verticalità per $H \square 1200$ cm $S = \pm H/3 - (H-12)/5$ cm

(tolleranza in centimetri – H in metri)

c) Solette e solettoni per impalcati, solai in genere:

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

d) Vani, cassette, inserterie:

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

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

8.20 PREFABBRICATI IN CALCESTRUZZO: QUALIFICA DEGLI IMPIANTI E CONFEZIONAMENTO

La costruzione ed il controllo di qualità dei manufatti prefabbricati dovranno essere conformi alle prescrizioni delle NTC2008.

La produzione, la posa in opera e il corretto inserimento dei manufatti prefabbricati in un insieme strutturale e le relative procedure di controllo devono essere conformi, oltre che a tutte le norme che disciplinano le opere in conglomerato cementizio armato in generale, anche alle seguenti norme specifiche:

D.M. del 03.12.87

C.M. n° 31104 del 16.03.89

Ove già non previsti sui disegni di progetto, l'impiego di elementi totalmente o parzialmente prefabbricati è subordinato alla preventiva autorizzazione della DL che potrà prescrivere prove sperimentali atte a prevedere il comportamento della struttura realizzata con tali elementi, con particolare riguardo alla durata nel tempo ed alla efficienza dei collegamenti, tenendo conto dei fenomeni di ritiro e di viscosità e degli effetti dei carichi alternativi o ripetuti.

Qualifica degli impianti di prefabbricazione

Gli impianti di prefabbricazione, siano essi in stabilimento o a piè di opera, qualora non siano già in possesso di certificazione di Sistema Qualità conforme alle normative UNI EN ISO 9000, rilasciata da Ente esterno accreditato, dovranno essere prequalificati dalla DL prima di iniziare la produzione.

Per l'ottenimento della pre-qualifica sarà necessaria:

la verifica preliminare della documentazione del sistema organizzativo e di controllo;

la verifica presso l'impianto di produzione.

Documentazione del sistema organizzativo e di controllo

La documentazione dovrà fornire una descrizione del sistema organizzativo di controllo, con riferimento a:

a) struttura operativa, responsabilità, procedure e risorse utilizzate;

b) conduzione dei controlli di produzione, così come operati, valutati e documentati con continuità.

In particolare nella descrizione del sistema organizzativo dovrà essere indicato:

- il responsabile della produzione e dei controlli;
- lo schema generale del sistema di controllo;
- le dotazioni strumentali e di laboratorio utilizzate;
- il catalogo dei libri di registrazioni dei dati rilevati;
- il sistema di archiviazione dei certificati ufficiali e dei rapporti operativi interni.

Nella descrizione dei controlli di produzione dovrà essere indicato:

- il piano dei controlli ispettivi interni;
- la conformità dei controlli effettuati rispetto alla pianificazione prestabilita;
- la corretta tenuta dei libri con la tempestiva registrazione dei dati rilevati;

-la valutazione sull'esito dei controlli anche in base alle visite ispettive interne;

- la verifica delle azioni correttive eventualmente intraprese nel caso di non conformità dei controlli;
- la disponibilità presso i luoghi di produzione degli elaborati progettuali necessari per l'esecuzione;
- la persistenza delle condizioni organizzative generali del controllo di produzione (responsabili dotazioni).

Verifica presso lo stabilimento o impianto di produzione

Dovranno essere verificate in particolare:

a) le attrezzature da impiegare nella prefabbricazione quali impianti di betonaggio, casseforme, piani vibranti, aree di produzione e di stoccaggio, modalità di protezione e trasporto, etc.;

b) le modalità esecutive quali tempi e modi di produzione, metodi di vibrazione e metodi di stagionatura;

c) il laboratorio interno per le prove sui materiali;

d) le attrezzature per il controllo dei cicli termici durante la stagionatura;

e) le materie prime utilizzate nel ciclo produttivo.

Sulla base della documentazione di cui sopra, di ulteriori informazioni eventualmente richieste e dell'esito della visita verrà riconosciuta l'idoneità dell'impianto alla produzione.

La Direzione Lavori potrà rifiutare o sospendere la fornitura dei manufatti in caso di esito negativo delle suddette verifiche.

8.20.1 Controllo delle casseforme

Le casseforme, compresi i sistemi di supporto, dovranno essere progettate e costruite in modo da garantire la permanente rispondenza del prodotto finito alle tolleranze dimensionali del progetto e in modo tale che non venga compromessa l'integrità delle parti strutturali con cui sono costruite le casseforme stesse.

La forma, la funzione, l'aspetto e la durabilità della struttura costituita dai manufatti prodotti non dovrà essere compromessa a causa delle casseforme.

Le casseforme dovranno rispettare le seguenti tolleranze dimensionali:

- lunghezza: $S = \pm L/2000$ (≤ 20 mm)

- sezione (altezza, larghezza, ali): $S = \pm L/200$ (≤ 2 mm)

- spessore anima: $S = \pm L/200$ (≤ 2 mm)

dove:

S è la tolleranza ammissibile;

L è la dimensione presa in considerazione.

8.20.2 Posizionamento delle armature

Si faccia riferimento in generale al paragrafo 8.25.

Le tolleranze di posizionamento dell'armatura sono:

- Armature in prossimità delle superfici (con il segno + si indica una maggiore distanza dalle su-perfici):

  - 0.0 cm

S

  + 0.5 cm

- Armature interne cui è affidata la resistenza strutturale: il maggiore tra

S = + 0.25 cm

S = + h/100

essendo h lo spessore in cm del calcestruzzo nella direzione dove lo scarto dell'armatura riduce la resistenza strutturale

- Armature interne costruttive: il maggiore tra

S = + 1.0cm

S = + h/50

Lo scarto S deve in ogni caso essere inferiore a + 3 cm nel caso di armature ordinarie e di + 0,5 cm per quelle da precompressione, fermo restando quanto detto per le armature di superficie dove S è lo scarto tra la posizione teorica di progetto e la posizione in opera.

8.20.3 Esecuzione getto

Stagionatura

Nella produzione di elementi prefabbricati in c.a.v. e c.a.p. viene di norma adottata la maturazione accelerata del conglomerato cementizio mediante trattamento termico. Essa esclude i trattamenti di bagnatura, spruzzatura di antievaporanti e degli altri provvedimenti descritti nel paragrafo relativo alla maturazione del calcestruzzo gettato in opera.

Dovranno, inoltre, essere rispettate le seguenti prescrizioni:

a- il tempo di prestagionatura, alla temperatura massima di 30 °C, non dovrà essere minore di tre ore (in genere dalle 4 alle 5 ore);

b- i gradienti termici di riscaldamento e quello di raffreddamento non dovranno superare il valore di 15/20 °C/ora e dovranno essere ulteriormente ridotti qualora non sia verificata la condizione di cui al successivo punto d);

c- la temperatura del punto più caldo all'interno del calcestruzzo non dovrà superare 60 °C;

d- la differenza di temperatura tra quella massima all'interno del calcestruzzo e quella della superficie del manufatto non dovrà superare 10 °C. La DL sulla base di prove sperimentali in funzione del ciclo termico di maturazione può accettare delta maggiori di 10°C ma non superiori ai 15°C;

e- il controllo, durante la maturazione, dei limiti e dei gradienti di temperatura dovrà avvenire utilizzando un'apposita apparecchiatura che registri l'andamento delle temperature nel tempo;

f- la procedura di cui al punto e) dovrà essere rispettata anche per i calcestruzzi gettati in opera e maturati a vapore.

In ogni caso i provini per la valutazione della resistenza caratteristica a 28 giorni, nonché della resistenza raggiunta al momento del taglio di trefoli o fili aderenti, dovranno essere maturati nelle stesse condizioni termoigrometriche della struttura, secondo quanto previsto dalla Norma UNI 6127 al punto 3.1.3.

8.20.4 Scassero

Prima di procedere allo scassero dei manufatti si dovrà verificare, per mezzo di prove preliminari, che il calcestruzzo abbia raggiunto la resistenza richiesta per questa operazione. Per eventuali azioni si dovrà tenere conto dell'attrito della cassaforma, delle azioni dinamiche, della posizione dei punti di sollevamento, etc. In mancanza di determinazioni più precise si assumerà che gli sforzi massimi siano dovuti al peso proprio maggiorato del 50%.

Tale condizione vale anche per la verifica delle condizioni di sollecitazione all'intorno del punto di sollevamento, anche per l'eventuale armatura di frettaggio.

8.20.5 Identificazione e stoccaggio dei manufatti

Ogni elemento prefabbricato dovrà essere marcato, in maniera permanente, mediante un numero di matricola, conformemente ai disegni o al catalogo di produzione, in modo da permettere in qualsiasi momento l'identificazione.

Dovrà inoltre essere marcata la data di produzione e il peso dell'elemento qualora lo stesso costituisca parte strutturale dell'opera.

I materiali dovranno essere posti a stoccaggio in maniera propria, e più precisamente:

- si dovrà evitare qualsiasi danneggiamento

- si dovrà evitare la costante esposizione di una parte del manufatto a condizioni sistematicamente diverse dalla rimanente (esposizione al sole,..etc.)

Si dovrà rispettare la posizione dei punti di appoggio come da progetto, per non indurre o favorire deformazioni lente e/o una variazione dimensionale tale da pregiudicare il montaggio stesso e/o un rilassamento dei cavi di precompressione non ammissibile.

Dovranno essere utilizzati appoggi che riducano al minimo le tensioni interne per dilatazione o ritiro. Dovranno essere indicati il tempo minimo le tensioni interne per dilatazione o ritiro. Dovranno essere indicati il tempo minimo e massimo di stoccaggio.

Ciascun elemento dovrà essere contrassegnato almeno come prescritto al par. 4.2.2 del D.M. 03.12.87 salvo i maggiori dati richiesti per manufatti in c.a.p. al successivo punto c.11.

8.20.6 Trasporto

Modalità e tempi del trasporto del manufatto dovranno essere tali da evitare danneggiamenti allo stesso. Per il calcolo delle sollecitazioni, ove non più precisamente determinato si assumerà una azione dovuta al peso proprio maggiorato del 30% per trasporto su strada e del 20% per trasporto in area di cantiere.

Si dovranno tenere nel dovuto conto, nel caso del trasporto su strada, delle azioni indotte dalla frenatura e dalla azione centrifuga.

Nel caso di trasporto su parti di opera in costruzione dovrà essere accuratamente predeterminata la fascia di transito e le azioni volte ad impedire la fuoriuscita da tale fascia.

8.20.7 Montaggio

Potranno essere posti in opera solamente gli elementi prefabbricati che non presentino difetti o per i quali siano state chiuse tutte le eventuali Non Conformità rilevate.

Dal momento dalla loro posa, gli elementi dovranno essere mantenuti in posizione tale da conservare la stabilità e da resistere, oltre che al peso proprio, a tutte le azioni esterne.

Il rispetto delle tolleranze di ogni elemento dovrà essere verificato prima di ciascuna operazione di posa, senza attendere il controllo in opera.

Le operazioni di posizionamento e montaggio devono essere dettagliatamente descritte nel piano di montaggio e varo, che dovrà anche specificare le tolleranze ammesse nel posizionamento, ove già non previste in fase progettuale.

Nel caso di travi prefabbricate di lunghezza L, salvo più restrittive specifiche progettuali, dovranno essere rispettati i seguenti limiti (s = scarto ammissibile)

- posizionamento appoggi nel senso longitudinale:

$s = \pm L/2000$ con un massimo di $\pm$ 1 cm

- posizionamento appoggi nel senso trasversale: $s \leq \pm$ 1 cm

- posizionamento altimetrico appoggi:

assoluto $s \leq \pm$ 0,5 cm

relativo tra appoggi di una stessa travata su una pila: $s \leq \pm$ 2.5 mm

- parallelismo piani di appoggio travi pulvino

$s \leq \pm$ 0,003 rad

Qualora le travi vengano poste su appoggi provvisori per essere trasferite su quelli definitivi dopo aver effettuato i collegamenti trasversali, andranno valutate le sollecitazioni dovute alle tolleranze di posizionamento precedentemente indicate.

In tutti gli stadi di lavorazione e trasporto e fino al completamento del lavoro le unità prefabbricate dovranno essere adeguatamente conservate.

Le protezioni da adottare, descritte negli elaborati di progetto, dovranno essere tali da evitare danni di qualsiasi tipo, siano essi meccanici quali distacchi, deformazioni e abrasioni o estetici quali macchie e ruggine.

Il posizionamento in opera delle unità prefabbricate dovrà essere autorizzato dalla Direzione Lavori, che potrà rifiutare elementi prefabbricati che presentino danni o difetti non rimediabili.

Il Produttore dovrà sostituire gli elementi prefabbricati danneggiati o difettosi o, quando ritenuto possibile dalla Direzione Lavori, provvedere alla loro riparazione con modalità da concordare.

8.20.8 Controlli dimensionali e strutturali dei manufatti

Questi controlli vanno eseguiti sul luogo di produzione degli elementi prefabbricati prima delle operazioni di montaggio e sono indipendenti dalle operazioni di collaudo da effettuarsi sull'impalcato finito.

L'elenco dettagliato dei controlli andrà specificato nei piani di fabbricazione; si dovrà effettuare:

- la misura delle deformate all'atto della precompressione di tutti gli elementi prodotti. il documento di controllo. dovrà specificare quali sono le grandezze da rilevare: ad esempio, nel caso di travi precompresse, andranno misurate sia l'accorciamento assiale che le controfrecce in un numero significativo di punti. Per un elemento ogni 5 questa misura andrà ripetuta dopo 3 giorni dalla tesatura e poi settimanalmente per tutta la fase di stoc-caggio del pezzo;

- il controllo dimensionale rigoroso di un elemento ogni 10 prodotti;

8.20.9 Controlli e documentazione

Devono essere osservate tutte le prescrizioni delle NTC2008 circa controlli, prove e relativa documentazione (tenuta dal "Registro di produzione" ecc.). Copia di tutti i documento previsti deve essere presentata, se richiesta, alla Direzione Lavori.

In ogni caso, per tutte le travi o altri manufatti, negli stabilimenti o nei cantieri di prefabbricazione a piè d'opera, devono essere trascritti, nel "Registro di produzione", i seguenti dati:

a) sigla o contrassegno del manufatto riferita al disegno di monitoraggio;

b) peso del manufatto;

c) data e ora di fine getto;

d) data e ora di rilascio di trecce/trefoli (per strutture pre-tese) o di tesatura dei cavi o barre (per strutture post-tese);

e) tensione di tesatura delle armature di precompressione;

f) per i manufatti pre-tesi allungamento a campione sul 30% di trecce/trefoli diritti e su tutti quelli eventualmente deviati;

g) per i manufatti post-tesi allungamento parziale e totale di ogni cavo o barra;

h) controfascia dei materiali impiegati;

i) caratteristiche dei materiali impiegati.

Per "Registro di produzione" non si intende quello menzionato al punto 5.2.1 del D.M. 03.12.87.

I dati di cui al punto a, b, c, unitamente al nome del Produttore, dovranno essere riportati, sulle travi, con vernice indelebile o targhe metalliche, in un punto visibile dalla zona di ispezione del pulvino.

8.21 CALCESTRUZZI VIBRATI FIBRO-RINFORZATI

Per quanto attiene ai calcestruzzi vibrati addizionati con fibre metalliche e sintetiche si dovrà far riferimento a quanto previsto nelle:

a) "Raccomandazioni tecniche AICAP per l'impiego del ferrocemento" (1984);

b) "Raccomandazioni tecniche AICAP per l'impiego del conglomerato cementizio rinforzato con fibre metalliche" (Aggiornamento 1990)

c) "Raccomandazioni tecniche AICAP per l'impiego del conglomerato cementizio rinforzato con fibre di polietilene o di polipropilene, o di poliacrilonitrile, o di poliammide (nylon)" (1992).

d) Norma UNI (In preparazione) - Calcestruzzo rinforzato con fibre metalliche.

Per il loro impiego è necessaria esplicita autorizzazione da parte della DL.

8.22 CALCESTRUZZI IMPREGNATI CON POLIMERI

Per quanto attiene ai calcestruzzi addizionati con polimeri si dovrà far riferimento a quanto previsto nelle:

a) "Raccomandazioni tecniche AICAP per l'impiego del conglomerato cementizio impregnato con polimeri" (Aggiornamento 1992).

b) Composizione

I componenti dovranno essere conformi a quanto prescritto al 8.1

La curva granulometrica ed i dosaggi in cemento verranno stabiliti mediante prove preliminari.

Gli acceleranti di presa dovranno essere compatibili con il cemento impiegato e non essere nocivi alle armature, né alle reazioni di idratazione del cemento.

Per il loro impiego è necessaria esplicita autorizzazione da parte della DL.

8.23 CASSEFORME

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

Nella progettazione e nella esecuzione delle armature di sostegno delle centinature e delle attrezzature di costruzione, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tran-vie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprassuolo o di sottosuolo.

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

8.23.1 Caratteristiche delle casseforme

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

Potranno essere adottate apposite matrici se prescritte in progetto per l'ottenimento di superfici a faccia vista con motivi o disegni in rilievo.

Nel caso di utilizzo di casseforme in legno, si dovrà curare che le stesse siano eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate, in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto. In ogni caso l'Appaltatore avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti disarmanti. Le parti componenti i casseri debbono essere a perfetto contatto per evitare la fuoriuscita di boiacca cementizia.

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

8.23.2 Pulizia e trattamento

I casseri devono essere puliti e privi di elementi che possano in ogni modo pregiudicare l'aspetto della superficie del conglomerato cementizio indurito.

Dove e quando necessario si farà uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui. I disarmanti non dovranno assolutamente macchiare la superficie in vista del conglomerato cementizio. Su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato lo stesso prodotto.

Nel caso di utilizzo di casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata e la vibrazione dovrà essere contemporanea al getto.

Qualora si realizzino conglomerati cementizi colorati o con cemento bianco, l'uso dei disarmanti sarà subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto usato non alteri il colore.

8.23.3 Giunti e riprese di getto

I giunti tra gli elementi di cassaforma saranno realizzati con ogni cura al fine di evitare fuoriuscite di boiacca e creare irregolarità o sbavature; potrà essere prescritto che tali giunti debbano essere evidenziati in modo da divenire elementi architettonici.

Le riprese di getto saranno, sulla faccia vista, delle linee rette e, qualora richiesto dalla Direzione Lavori, saranno marcate con gole o risalti di profondità o spessore di 2-3 cm., che all'occorrenza verranno opportunamente sigillati.

Prescrizioni particolari per i giunti dei muri in c.a. del Centro Oli

Per la realizzazione dei muri in c.a. del Centro Oli previsti al contorno della Oil Tanks Platform è prevista la messa in opera di giunti di espansione Waterstop in PVC (conforme alle B.S. 2571) sia in fondazione che in elevazione ogni 10 m.

Il waterstop menzionato ha le seguenti caratteristiche tecniche:

Resistenza a trazione del PVC > 15 N/mm

Allungamento a rottura > 300%

Indice di durezza secondo B.S. 45

Peso unitario 2,8 kg/ml

In corrispondenza delle intersezioni tra verticale e orizzontale verranno utilizzati pezzi speciali preformati in stabilimento a T ed a X che consentono di realizzare le giunzioni in opera solo testa a testa.

In corrispondenza del giunto di ripresa di getto orizzontale - verticale, si posizionerà un waterstop interno in PVC, che verrà fissato alle armature e bloccato in corrispondenza della prima casseratura.

Il waterstop dovrà formare una maglia continua e verrà quindi saldato con appositi coltelli elettrici, accostando i due lembi al coltello, che verrà sfilato, consentendo di giuntare i profili.usando il bulbo centrale come guida.

8.23.4 Legature delle casseforme e distanziatori delle armature

I dispositivi che mantengono in posto le casseforme, quando attraversano il conglomerato cementizio, non devono essere dannosi a quest'ultimo, in particolare viene prescritto che, dovunque sia possibile, gli elementi delle casseforme vengano fissati nella esatta posizione prevista usando fili metallici liberi di scorrere entro tubi di PVC o simile, questi ultimi destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio; dove ciò non fosse possibile, previa informazione alla DL, potranno essere adottati altri sistemi prescrivendo le cautele da adottare.

E' vietato l'uso di distanziatori di legno o metallici, sono ammessi quelli in plastica, ma ovunque sia possibile dovranno essere usati quelli in malta di cemento.

La superficie del distanziatore a contatto con la cassaforma deve essere la più piccola possibile, si preferiranno quindi forme cilindriche, semicilindriche e semisferiche.

8.23.5 Predisposizione di fori, tracce, cavità, etc.

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

8.23.6 Disarmo

Si potrà procedere alla rimozione delle casseforme dai getti quando saranno state raggiunti i tempi indicati nel paragrafo 8.16, se maggiori, i tempi prescritti dal progettista per ottenere le resistenze richieste. In assenza di specifici accertamenti, l'Appaltatore dovrà attenersi a quanto stabilito dalle "Norme Tecniche 2008.

Le eventuali irregolarità o sbavature, qualora ritenute tollerabili, dovranno essere asportate mediante bocciardatura ed i punti difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta cementizia a ritiro compensato immediatamente dopo il disarmo

Eventuali elementi metallici, quali chiodi o reggette che dovessero sporgere dai getti, dovranno essere tagliati almeno 1,0 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento ad alta adesione.

8.24 MAGRONI

Prima di effettuare qualsiasi getto di calcestruzzo di fondazione, dovrà essere predisposto sul fondo dello scavo, dopo aver eseguito la pulizia ed il costipamento dello stesso secondo le modalità previste dal presente Capitolato, uno strato di calcestruzzo magro avente la funzione di piano di appoggio livellato e di cuscinetto isolante contro l'azione aggressiva del terreno.

Lo spessore dello strato sarà desunto dai documenti di progetto.

In corso d'opera si eseguiranno, a richiesta della DL prove di controllo a compressione su due cubetti, aventi lato 15 cm, per la determinazione, presso un laboratorio qualificato, della (Rm) resistenza media a compressione a 28 giorni. La frequenza delle prove sarà di una ogni 500 mc di magrone prodotto da ciascun impianto di betonaggio.

8.25 ACCIAIO D'ARMATURA PER C.A. E C.A.P.

8.25.1 Approvvigionamento dell'acciaio in barre

Saranno ammessi alla fornitura di acciaio per costruzioni soltanto fornitori prequalificati dall'Appaltatore. Prima dell'inizio della fornitura si dovrà trasmettere una lettera di notifica alla DL con il nominativo del Fornitore, i tipi d'acciaio e le cartteristiche della gamma richiesta e copia del dossier di qualificazione.

L'Appaltatore dovrà documentare la provenienza, il tipo e la classe di ogni partita di acciaio in barre che entra in cantiere, nonché il peso complessivo della partita e quello dei tondini di uno stesso diametro.

Per partita si intende il quantitativo di materiale che, pervenendo da un unico stabilimento nel periodo massimo di una settimana, potrà essere considerato come unica fornitura omogenea sia per titolo che per caratteristiche fisico-meccaniche.

8.25.2 Controllo del peso e della sezione

Per il controllo del peso effettivo da ogni partita dovranno essere prelevati dei campioni di barra. Qualora risultassero sezioni effettive inferiori a quelle ammesse dalle tolleranze previste nel D.M. attuativo della Legge n° 1086 il materiale verrà rifiutato e subito allontanato dal cantiere.

Qualora il peso effettivo risultasse inferiore al 98% di quello teorico e fosse accettabile in base alle tolleranze previste nel D.M. attuativo della Legge n° 1086, dovranno essere aggiunte (modificando i disegni di progetto e informando il Direttore dei Lavori) barre in quantità sufficiente a realizzare una sezione di acciaio non inferiore a quella prevista dal progetto esecutivo originariamente approvato.

Non esiste tolleranza sul peso teorico di campione spazzolato del diametro nominale dell'acciaio costituente l'armatura delle strutture.

8.25.3 Controllo di qualità

Per l'acciaio controllato in stabilimento, l'Appaltatore dovrà produrre la documentazione prescritta dalle norme in vigore che certifichi gli avvenuti controlli (esistenza del Marchio depositato presso il Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici) e consentire al Direttore dei Lavori di accertare la presenza dei contrassegni di riconoscimento.

Tutte le forniture di acciaio dovranno essere accompagnate da un certificato di un Laboratorio Ufficiale, riferito al tipo di armatura di cui trattasi, e marchiate secondo quanto previsto dalle NTC2008.

Durante i lavori dovranno essere prelevati, per essere inviati a Laboratori Ufficiali o autorizzati, non meno di tre campioni per ciascun diametro utilizzato, ogni 1000 barre o partita se di minore entità, della lunghezza rispettivamente di:

- 1,20 m per diametro delle barre inferiore o uguale a 10mm;

- 1,50 m per diametro delle barre compreso tra 12 e 18 mm;

- 1,80 m per diametro delle barre superiore o uguale a 20 mm.

In caso di risultato sfavorevole delle prove di resistenza e duttilità, previste per legge, il complesso delle barre al quale si riferisce il campione dovrà essere accantonato e identificato in attesa dei risultati delle ulteriori verifiche.

Rimane comunque salva la facoltà del Direttore dei Lavori di disporre eventuali ul-teriori controlli per giustificati motivi a carico dell'Appaltatore.

8.25.4 Giunzioni e saldature

Eventuali giunzioni, quando non evitabili, dovranno essere realizzate con manicotti filettati.

L'Appaltatore dovrà consegnare preventivamente al Direttore dei Lavori le schede tecniche dei prodotti che intende utilizzare.

L’impiego di saldature non è di norma consentito e può essere applicato solo per le gabbie di armatura dei pali di fondazione e in casi speciali dietro autorizzazione del DL.

Per le gabbie di armatura dovranno comunque essere effettuati prelievi di barre con elementi di staffa saldati da sottoporre a prove di trazione presso laboratori autorizzati con lo scopo di verificare che la saldatura non abbia provocato una riduzione di resistenza nelle barre.

Negli altri casi, le modalità di saldatura, che devono essere descritte in una apposita procedura redatta dall’appaltatore, devono essere approvate dalla DL prima dell’inizio delle attività.

Nel corso dei lavori il Direttore dei Lavori, per giustificati motivi, potrà comunque richiedere ulteriori prove di controllo sulle saldature eseguite.

8.25.5 Realizzazione delle gabbie e posizionamento delle armature per c.a.

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

Nel caso di gabbie assemblate con parziale saldatura l’acciaio dovrà essere del tipo saldabile.

La posizione delle armature metalliche entro i casseri dovrà essere garantita utilizzando esclusivamente opportuni distanziatori in materiale plastico non deformabile oppure di malta o pasta cementizia, in modo da rispettare il copriferro prescritto.

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

8.26 QUALIFICA DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Si definiscono di seguito le varie successioni dei controlli da eseguirsi sul conglomerato cementizio e sui suoi singoli componenti (successivamente specificato nel documento di Controllo Qualità).

a - Studi preliminari di pre-qualifica

Prove, studi, certificazioni e valutazioni da eseguire, prima della qualifica all'impianto, per l'approvazione da parte del Direttore dei Lavori del mix design, progetto della miscela di calcestruzzo.

b - Qualifica della miscela all'impianto

Verifica delle miscele pre-qualificate effettuata presso l'impianto di confezionamento che verrà utilizzato in corso d'opera per la produzione del calcestruzzo.

c - Controlli di conformità in corso d'opera

Controlli da eseguire per verificare la conformità del calcestruzzo e dei suoi singoli costituenti ai requisiti del progetto e della miscela qualificata.

Sono inclusi tra tali controlli anche quelli definiti "di accettazione", relativi alle resistenze meccaniche, specificati dalle Norme Tecniche attuative della Legge n°1086.

L'Appaltatore dovrà disporre di almeno un Laboratorio (in cantiere, all'impianto di confezionamento o nelle immediate vicinanze) idoneo all'esecuzione di tutte le prove di qualifica e conformità del calcestruzzo fresco ed indurito e dei materiali costituenti, ad eccezione delle determinazioni chimiche, delle prove di permeabilità (profilo di penetrazione dell'acqua in pressione o coefficiente k) nonché di resistenza meccanica per le quali i campioni e i provini dovranno essere inviati a un Laboratorio Ufficiale o autorizzato.

Presso il laboratorio responsabile delle prove di qualifica dovranno essere disponibili le seguenti apparecchiature:

- Forno per essiccare;
- Setacci;
- Bilancia di portata fino a 20 kg e sensibilità 1 gr;
- Termometro a immersione per calcestruzzo;
- Porosimetro;
- Picnometro;
- Contenitore tarato;
- Cono di Abrams o tavola a scosse;
- Casseforme di acciaio o PVC per il prelievo di almeno 32 cubetti;
- Impastatrice da laboratorio;
- Piastra o ago vibrante;

- Sclerometro;
- Termometro a max-min;
- Contenitore ermetico ed alcool per il controllo del calcestruzzo “checking fresh”
- Camera o vasca di stagionatura dei provini di calcestruzzo.

L’Appaltatore dovrà inoltre essere in grado di garantire la disponibilità, con preavviso di due giorni, delle seguenti apparecchiature:

- Attrezzatura per la registrazione delle temperature del calcestruzzo durante la presa e l’indurimento, dotata di almeno sei termocoppie;
- Pressa da laboratorio con carico massimo pari ad almeno 2000 kN
- Carotatrice idonea al recupero di carote con diametro fino a 100 mm.

8.26.1 Pre-qualifica e qualifica all’impianto

Studi preliminari di prequalifica

Almeno 45 giorni prima dell'inizio dei getti, l'Appaltatore dovrà presentare per l’approvazione gli studi di qualifica degli impasti e dei relativi costituenti per tutti i tipi e le classi di calcestruzzo previste negli elaborati progettuali.

La documentazione dovrà attestare la conformità del calcestruzzo e dei singoli costituenti alle prescrizioni e norme riportate nel presente documento.

In particolare nella relazione di qualifica dovrà essere fatto esplicito riferimento a:

- materiali che si intendono utilizzare, indicandone provenienza, tipo e qualità;
- conformità dei materiali costituenti a quanto prescritto nel progetto;
- massa volumica reale s.s.a. e assorbimento, per ogni classe di aggregato, valutati secondo la Norma UNI 8520 parti 13a e 16a;
- studio granulometrico per ogni tipo e classe di calcestruzzo;
- tipo, classe e dosaggio del cemento;
- rapporto acqua-cemento;
- classe di esposizione ambientale a cui è destinata la miscela;
- tipo e dosaggio degli eventuali additivi;
- proporzionamento analitico della miscela e resa volumetrica;
- classe di consistenza secondo le Norme UNI 9418 o UNI 8020;
- risultati delle prove di resistenza a compressione;
- curve di resistenza nel tempo (almeno per il periodo 2-28 giorni);
- caratteristiche dell'impianto di confezionamento e stato delle tarature;
- sistemi di trasporto, di getto e di maturazione.

Potranno inoltre essere richiesti:

- curve della massa volumica del calcestruzzo fresco in funzione del rapporto a/c (non applicabile al calcestruzzo proiettato);
- curve di resistenza in funzione dei valori di consistenza e del rapporto a/c nel caso di miscele con classe di consistenza minore di S4 (non applicabile al calcestruzzo proiettato);
- preparazione di provini per la determinazione delle caratteristiche di durabilità del calcestruzzo (cicli gelo - disgelo, resistenza all'attacco chimico, ecc.).

8.26.2 Qualifica all'impianto

In questa fase vengono realizzati impasti prova all'impianto di produzione

I requisiti richiesti sono i seguenti:

6. il valore della resistenza media a compressione a 28 giorni, misurata su almeno 4 prelievi (la resistenza di ciascun prelievo è la media delle resistenze a compressione di due o più provini),deve essere:

perRck < 30 N/mm2 $Rm \geq 1{,}25\ Rck$

per30 N/mm2 ≤ Rck ≤ 40 N/mm2 $Rm \geq 1{,}20\ Rck$

perRck >40 N/mm2 $Rm \geq 1{,}15\ Rck$

con valore minimo di ogni singolo provino $Ri \geq Rck$;

7. il valore dell'abbassamento al cono deve essere conforme alla classe di consistenza dichiarata e si mantenga entro i limiti della stessa, con la tolleranza di ± 20 mm su detti limiti:

- per almeno 60 minuti per temperature fino a 20°C;
- per almeno 45 minuti per temperature fino a 35°C.

8. deve essere verificata l'omogeneità del calcestruzzo all'atto del getto su due campioni, prelevati rispettivamente a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera:

In tal caso dette p1 e p2 le percentuali in peso di trattenuto al vaglio a maglia quadrata da 4 mm dei due campioni, dopo vagliatura a umido dovrà essere verificata la seguente relazione:

9. $(p_1 - p_2) \leq 0{,}15\ ((p_1 - p_2)/2)$

L'abbassamento al cono dei due campioni prima della vagliatura non dovrà differire di più di 30 mm.

10. il rapporto acqua/cemento determinato secondo le modalità previste nella Norma UNI 6393, non si discosti di + 0.03 da quello dichiarato nella prequalifica;

11.il valore della massa volumica del calcestruzzo fresco sia superiore al 98% del teorico.

Se le resistenze medie a compressione per ciascun tipo di calcestruzzo, misurate a 2, 7 e 28 giorni sui provini prelevati dall'impasto di prova all'impianto, non si discostano di ± 15% dalle resistenze indicate nella relazione di prequalifica, queste verranno assunte a riferimento per i primi 50 prelievi; in caso contrario l'impasto di prova all'impianto dovrà essere ripetuto e i valori delle resistenze da assumere a riferimento per i primi 50 prelievi verranno determinate adottando, per ciascuna età di maturazione, la media delle resistenze a 2, 7 e 28 giorni dei due impasti di prova.

Tutti gli oneri e gli eventuali ritardi causati dalle ripetizioni delle prove all'impianto di confezionamento saranno a totale carico dell'Appaltatore.

L'approvazione delle proporzioni delle miscele da parte del Direttore dei Lavori non libera in alcun modo l'Appaltatore dalle sue responsabilità in base alle norme vigenti.

I materiali costituenti gli impasti di prova dovranno stati sottoposti ai controlli descritti in precedenza e comunque di seguito riassunti:

Cemento:

- prove previste dalla Legge 595/65 e dal D.M. 13/9/1993, nonché prove chimiche e difrattometriche.

Sabbie:

- modulo di finezza;
- contenuto di passante a 0,075 mm; UNI 8520 parte 7°
- contenuto di particelle leggere e frustoli vegetali; UNI 8520 parte 9°
- contenuto di grumi di argilla e particelle leggere friabili; UNI 8520 parte 8°
- contenuto di solfati e di cloruri solubili; UNI 8520 parte 12°
- contenuto di sostanze organiche; UNI 8520 parte 14°
- equivalente in sabbia e valore di blu; UNI 8520 parte 15°
- analisi granulometrica. UNI 8520 parte 5°

Aggregato grosso:

- esame petrografico; UNI 8520 parte 4°
- contenuto passante a 0,075 mm; UNI 8520 parte 7°
- contenuto di particelle leggere e frustoli vegetali; UNI 8520 parte 9°
- contenuto di grumi di argilla e particelle leggere friabili; UNI 8520 parte 8°
- degradabilità agli attacchi di soluzioni solfatiche; UNI 8520 parte 10°
- contenuto di cloruri solubili; UNI 8520 parte 12°
- contenuto di solfati; UNI 8520 parte 11°
- massa volumica e assorbimento superficiale; UNI 8520 parte 13° e 16°

- resistenza a compressione; UNI 8520 parte 17°
- coefficiente di forma ed appiattimento; UNI 8520 parte 18°
- perdita di massa per urto e rotolamento; UNI 8520 parte 19°
- resistenza ai cicli di gelo e disgelo; UNI 8520 parte 720°
- potenziale reattività in presenza di alcali UNI 8520 parte 22°
- analisi granulometrica. UNI 8520 parte 5°

Acqua di impasto:

- contenuto di solfati e cloruri;
- contenuto di acido solfidrico;
- contenuto totale di sali minerali;
- contenuto di sostanze organiche;
- contenuto di sostanze solide sospese.
- Ph

Calcestruzzo fresco:

- rapporto acqua/cemento;
- classe di consistenza;
- determinazione acqua essudata;
- dosaggio del cemento;
- contenuto totale calcolato di cloruri;
- massa volumica;
- omogeneità;
- percentuale di aria occlusa.

Calcestruzzo indurito:

- determinazione della resistenza caratteristica a compressione;
- massa volumica;
- determinazione della profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione secondo la Norma ISO 7031 (UNI Progetto inchiesta E07.06.113.0);
- determinazione della resistenza alla degradazione per cicli di gelo e disgelo secondo la Norma UNI 7087 o in alternativa ISO/DIS 4846;
- determinazione della resistenza all'attacco solfatico: per calcestruzzi esposti a tale attacco, poiché non è disponibile una normativa italiana, si dovrà adottare la metodologia prevista nel Capitolo 5 della "Guideline on shotcrete - Part 2 " della Austrian Concrete Society.

La qualificazione delle miscele potrà essere ripetuta, con le medesime modalità, ogni qualvolta venissero a modificarsi sensibilmente le caratteristiche fisico - chimiche dei costituenti del calcestruzzo o le modalità di confezionamento.

8.26.3 Controlli in corso d'opera

Controlli di conformità in corso d'opera

Il Direttore dei Lavori eseguirà controlli di conformità periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza tra le caratteristiche dei materiali e degli impasti impiegati e quelle definite in sede di qualifica.

Per i prelievi di campioni di calcestruzzo fresco si dovrà fare riferimento alla Norma UNI 9416 e considerare quali campioni da destinare alle prove i "campioni compositi" come definiti al punto 3.4. della suddetta norma.

Per quanto riguarda le resistenze meccaniche il controllo di accettazione dovrà avvenire secondo quanto specificato nelle Norme Tecniche applicative della Legge n° 1086 relativamente al controllo tipo A.

Ai fini del controllo di conformità, la differenza tra la resistenza a compressione media di riferimento a 28 giorni della più recente qualifica all'impianto (resistenza media di qualifica o, dopo i primi 50 prelievi relativi allo stesso tipo di calcestruzzo, media delle resistenze a 28 giorni degli ultimi 50 prelievi) e la media mobile misurata su serie separate di 15 prelievi in corso d'opera non dovrà essere maggiore dei seguenti limiti:

Tabella 8.11 Controlli sulla Resistenza

Resistenza caratteristica (N/mm^2)	Scostamento % sulla media di 15 prelievi
$R_{ck} < 30$	±15%
$R_{ck} \geq 30$	±10%

Al fine di rispettare le tolleranze sopraindicate l'Appaltatore potrà apportare eventuali aggiustamenti alla miscela approvata, nel rispetto comunque di tutte le prescrizioni di capitolato, comunicandoli preventivamente per approvazione al Direttore dei Lavori.

Sul calcestruzzo indurito il Direttore dei Lavori potrà disporre l'esecuzione di prove e controlli integrativi mediante prelievo di carote e/o altri metodi non distruttivi quali prove sclerometriche, ultrasuoni, misure di resistività ecc., a totale carico dell'Appaltatore.

Controlli di conformità della resistenza a compressione su carote

Il prelievo, da eseguire in contraddittorio, potrà avvenire eseguendo carotaggi dai quali ricavare un numero adeguato di provini cilindrici con operazioni di taglio e rettifica delle basi.

Le seguenti raccomandazioni devono essere seguite nell'applicare il criterio di seguito esposto per la valutazione dei risultati:

- l'estrazione e la prova deve essere preferibilmente effettuata non oltre due mesi dalla posa in opera del calcestruzzo; per tempi più lunghi gli effetti di maturazione e carbonatazione superficiale possono portare a sovrastima delle resistenze di cui si deve tenere conto con i coefficienti di seguito indicati;
- l'estrazione dei provini da strutture in elevazione deve essere effettuata nella parte mediana delle strutture perché l'effetto di autocompattazione porta a incrementi della massa volumica e della resistenza nella parte inferiore;
- i provini ricavati dai prelievi non devono contenere al loro interno più di un elemento di armatura normale alla direzione di prova, in caso contrario il provino dovrà essere scartato.

La stima della resistenza caratteristica del calcestruzzo si baserà sui risultati ottenuti nelle prove a compressione su un numero n di provini estratti dalla porzione di struttura in esame.

Il diametro delle carote dovrà essere generalmente compreso tra 2.5 e 5 volte la dimensione massima dell'aggregato e comunque maggiore di 100 mm L'altezza dei provini cilindrici ricavati dalle carote dovrà essere pari al diametro.

Per ogni lotto di 100 m3 di calcestruzzo indagato o frazione, il numero di provini n non dovrà risultare minore di quattro.

Le carote una volta estratte, e i provini successivamente ricavati da esse, dovranno essere mantenuti umidi mediante idonei sistemi di protezione (teli umidi, sacchi chiusi, immersione in acqua, ecc.) fino alla prova di compressione; nelle lavorazioni di taglio e spianatura si dovrà evitare ogni essiccazione della superficie.

Le prove di compressione sulle carote dovranno essere eseguite esclusivamente presso Laboratori Ufficiali o Autorizzati alla presenza del Direttore dei Lavori.

I dati riscontrati dovranno essere registrati con data, ora e punti di prelievo, comprensivi delle note di commento a cura del Direttore dei Lavori.

Detta $f\lambda$ la resistenza a compressione determinata su una carota (N/mm2) secondo le modalità di prova previste nella Norma UNI 613, si stima la resistenza cubica relativa Rck (stim) del calcestruzzo che costituisce la carota.

$$Rck\ (stim) = f\lambda * C * G / M$$

Dove:

C è un coefficiente che tiene conto del disturbo arrecato al calcestruzzo durante il carotaggio.

$$C = 1.050 \text{ se } \phi_{carota} \geq 8 \text{ cm}$$

$$C = 1.075 \text{ se } \phi_{carota} < 8 \text{ cm}$$

G è un coefficiente che tiene conto delle condizioni nelle quali è stato eseguito il getto e della possibilità di vibrare il calestruzzo.

Opera	Stagionatura	M
Pali e diaframmi	≤ 2 mesi	1
	Tra 2 e 4 mesi	1.025
	≥ 4 mesi	1.05
Altre opere	≤ 2 mesi	1
	> 2 mesi	1.05

Il confronto tra la resistenza caratteristica ottenuta dalle carote e la resistenza Rck ottenuta, per lo stesso calcestruzzo, a partire da provini cubici confezionati si esegue prendendo in considerazione la media ed il minore dei valori Rck (stim) ottenuti dalle carote. La verifica è soddisfatta se:

Rck(stim) media ≥ Rck +3,5 (N/mm^2)

Rck(stim) minima ≥ Rck - 3,5 (N/mm^2)

Controlli particolari

Controlli particolari dovranno essere eseguiti con le modalità e frequenze indicate nelle specifiche di Controllo Qualità ed ogni qualvolta la Direzione Lavori ne ravvisasse la necessità.

8.27 PROVE DI CARICO

- Le prove di carico (collaudo statico) dovranno essere eseguite in accordo alle normative vigenti ed alle indicazioni del Collaudatore e della DL.
- L'effettuazione delle prove dovrà essere programmata, con adeguato anticipo, con la DL. Sarà cura dell'APPALTATORE verificare e fare in modo che al momento del collaudo risulti disponibile tutta la certificazione prevista dalle norme vigenti e dal "Specifiche di Controllo Qualità".
- Prima della effettuazione delle prove I'APPALTATORE dovrà concordare con la DL la quantità ed il tipo delle apparecchiature, degli strumenti e dei materiali da utilizzare, garantendo la operabilità e la precisione richiesta e facendo eseguire le tarature eventualmente necessarie.
- Sarà cura dell'APPALTATORE assicurare, nel rispetto delle norme di sicurezza, la completa accessibilità sia alle opere da collaudare che agli strumenti di misura.
- Per le opere realizzate anche parzialmente con elementi in precompresso si dovrà rispettare anche la normativa FS in vigore. Qualora siano disponibili le prove di carico sull'elemento prefabbricato di cui al punto 8.28, queste andranno tenute presenti nel valutare i dati delle prove di collaudo sull'impalcato completo.

8.28 SPECIFICHE CONTROLLO QUALITA'

2.28.1 Campi di applicazione

Come sarà dettagliato in modo sequenziale nel P.C.Q. relativo, nella realizzazione di opere in calcestruzzo si procederà ad una serie di controlli prima del getto, durante il getto e sulle opere finite.

8.28.1 Documenti di riferimento

La presente specifica fa riferimento:

- alla documentazione di tipo contrattuale;
- a tutta la documentazione di progetto quale disegni, specifiche tecniche ecc.;
- alle prescrizioni di legge applicabili, anche se non esplicitamente richiamate nella presente specifica;
- alle seguenti Leggi e regolamenti:
- legge 1086 del 5/11/71.
- Norme tecniche di applicazione all'art.21 della legge 1086.
- NTC 2008
- Legge n. 64 del 1974
- Alle norme indicate in paragrafo 8.37.

8.28.2 Controlli preliminari al getto

I controlli preliminari al getto del calcestruzzo riguarderanno:

- armature
- casseforme
- caratteristiche del CLS come di seguito specificato

2.28.3.1 Controlli sulle armature

Le armature debbono essere predisposte nelle casseforme, in accordo alle prescrizioni riportate al capitolo 8.25 della presente sezione.

Il responsabile di C.Q. dell'APPALTATORE, prima del getto, deve programmare e fare eseguire dalla sezione di C.Q. dell'Esecutore i controlli di conformità di seguito descritti:

- verifica dell'esistenza, dell'esaustività e della conformità della documentazione di qualità che deve accompagnare la fornitura del ferro d'armatura, come precisato nell'apposita Specifica di C.Q.
- controllo di conformità a disegni e specifiche mediante controllo di:
- dimensioni e sagome delle sbarre,
- posizionamento e regolarità delle maglie,
- ampiezza delle sovrapposizioni,
- copriferro,

- messa a terra,
- spaziatura tra barre (interferro).

- controllo della pulizia dei ferri.

Questo controllo deve essere effettuato a spot su tutte le armature poste in opera. L'estensione del controllo deve essere completa su manufatti di grande estensione ed elevata importanza statica.

- Controllo inserti.

Si dovrà verificare la loro rispondenza ai disegni di progetto ed il loro posizionamento in opera.

2.28.3.2 Controlli sulle casseforme

L'APPALTATORE costruirà le casseforme in modo che siano conformi rispetto a quanto specificato al paragrafo 8.23 della presente sezione.

Il responsabile di C.Q. dell'Appaltatore farà eseguire in base al P.C.Q. relativo alle opere in oggetto: controlli d conformità di seguito descritti:

- delle caratteristiche delle casseforme.
- della pulizia e del trattamento delle casseforme.
- dei giunti delle casseforme, in particolare nei punti di ripresa del getto.
- delle legature e dei distanziatori delle armature
- delle predisposizioni dei fori, delle tracce, delle cavità, ecc., previste nei disegni costruttivi.

2.28.3.3 Controllo sulle caratteristiche del calcestruzzo da utilizzare

Il Responsabile dei getti in calcestruzzo dell'Esecutore dovrà, prima di procedere all'ordine del calcestruzzo alla centrale di betonaggio, verificare se lo stesso dovrà operare in condizioni di aggressività del terreno.

Nel caso questa verifica dia esito positivo egli dovrà richiedere, in sostituzione di quanto previsto nel progetto, un calcestruzzo che risponda ai requisiti di resistenza previsti dalle norme.

8.28.3 Controlli in fase di getto

I controlli in fase di getto riguarderanno sia l'esistenza delle condizioni ambientali per il getto, sia le verifiche delle modalità del getto che le condizioni di stagionatura dei getti. Non potrà essere iniziata alcuna attività senza la presenza sul luogo di lavoro dei P.C.Q. e dei relativi modelli da compilare in corso d'opera e di quelli attestanti il buon esito dei controlli preliminari.

2.28.4.1 Comunicazione del programma dei getti

Ogni settimana il Responsabile dei getti in calcestruzzo dell'Esecutore deve dare comunicazione scritta alla DL, mediante apposita scheda predisposta per la programmazione del lavoro, dei getti che saranno eseguiti nella settimana lavorativa successiva.

Eventuali variazioni dovranno essere comunicate alla DL con almeno 24 ore di anticipo.

Nella scheda dovranno essere riportati, oltre alla data del giorno di compilazione della scheda e di quella di esecuzione del getto, i seguenti ulteriori dati:

- ubicazione dei getti con riferimento ai disegni esecutivi,
- la classe di resistenza del conglomerato cementizio in accordo alla citata tabella sui tipi di calce-struzzo da utilizzare,
- i metri cubi di calcestruzzo necessari,
- l'impianto di betonaggio di provenienza,
- il P.C.Q. relativo ai controlli preliminari con la certificazione dell'avvenuta verifica delle casse-forme e delle armature come sopra specificato.

La DL a sua discrezione verificherà quanto sopra facendo eventuali commenti e richiedendo, se necessario, azioni correttive.

La scheda sarà archiviata nella documentazione di cantiere nell'ordine cronologico.

2.28.4.2 Verifiche sul confezionamento del calcestruzzo

L'APPALTATORE eseguirà le operazioni di getto in modo che siano rispettate le disposizioni riportate nel capitolo 8.15:

Additivi e disarmanti

Lavorabilità del calcestruzzo

Trasporto e scarico

Esecuzione dei getti

Maturazione

Prescrizioni tecniche particolari (ripristini e stuccature)

Il Responsabile di C.Q. controllerà che all'atto del getto siano conformi alle specifiche :

- le condizioni climatiche;
- le operazioni di getto.

Per queste ultime si dovrà verificare:

• che le condizioni di scarico del calcestruzzo siano quelle previste dal capitolato (benne di scarico a fondo e nastri trasportatori);

• che le condizioni di omogeneità e lavorabilità dell'impasto siano quelle indicate nell'allegato 1;

• la pulizia delle superfici contro cui effettuare il getto;

• l'umidificazione delle suddette superfici, se porose;

• le modalità di caduta del calcestruzzo;

• l'altezza degli strati di posa;

• la corretta compattazione da eseguire mediante vibratori;

• la presenza dei necessari accorgimenti, concordati con la DL, in caso di getto in presenza d'acqua:

- le riprese di getto,

- i ripristini e le stuccature.

All'atto del getto il responsabile di C.Q. dovrà accertarsi che :

- vengano prelevati gli opportuni provini, per il controllo delle parti d'impianto finite, in accordo a quanto previsto dalle Norme tecniche 2008.

- sia compilata una scheda, da allegare al P.C.Q. dei getti, che contenga le seguenti informazioni:

• la data del getto,

• la rintracciabilità dei getti in riferimento ai disegni del progetto esecutivo,

• la temperatura esterna all'atto del getto,

• la temperatura del calcestruzzo al momento del getto,

• le condizioni climatiche, umidità e ventilazione del giorno,

• il metodo di maturazione prescelto fra quelli preventivamente comunicati alla DL

• il giorno previsto per il disarmo.

Le schede saranno archiviate come documentazione di C.Q., nel dossier di qualità dell'opera.

2.28.4.3 Controlli nella fase di maturazione

Per le fasi di maturazione il Responsabile di C.Q. dovrà verificare quanto segue:

- che sia stata prodotta dall'APPALTATORE una specifica di stagionatura delle opere, e che sia trasmessa alla DL;

- che i metodi di stagionatura definiti nella suddetta specifica siano adeguatamente messi in opera e rispettati;

- che nelle prime 48 ore dopo il getto le superfici siano mantenute umide mediante applicazione di prodotti antievaporanti o opportuna bagnatura;

- che le opere siano adeguatamente protette contro gli urti durante tutto il periodo di maturazione.

2.28.4.4 Controllo delle operazioni di disarmo

Attenendosi alle "Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 5/11/1971 n° 1086" e alle NT2008, il Responsabile dei getti stabilirà la data per la rimozione delle casseforme.

La DL dovrà essere informata in anticipo delle operazioni di disarmo relative ad opere importanti.

Tale data è riportata nella scheda relativa al getto. La DL dovrà essere informata in anticipo delle operazioni di disarmo relative ad opere importanti.

Le operazioni di disarmo dovranno essere effettuate in accordo al punto 8.23.

Il Responsabile di C.Q., in fase di disarmo dovrà provvedere al controllo:

- della rimozione degli elementi metallici che dovessero sporgere dai getti;
- della presenza di irregolarità e sbavature inaccettabili;
- della superficie esterna dei getti, la quale non deve presentare difetti quali: macchie, colorazioni, nidi d'ape, ecc.

8.28.4 Controlli di conformita' delle opere finite

Il controllo di accettazione dovrà avvenire secondo quanto specificato delle "Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge n0 1086 del 5/11/1971". Anche per le opere principali quali:

- travi ed elementi in c.a.p. in genere
- impalcati
- pile e relative fondazioni
- spalle e relative fondazioni
- opere di sostegno
- gallerie
- pali e paratie

è richiesto il controllo di accettazione di tipo A secondo il capitolo 11 delle NTC2008.

Le prove qualificate dall'APPALTATORE e approvate dalla DL saranno eseguite a cura del Responsabile di C.Q. nel laboratorio di cantiere e in laboratori ufficiali secondo quando richiesto dalle norme.

La frequenza delle prove è stabilita in base alle norme; i risultati saranno riportati in un registro di cantiere nel quale saranno annotati:

- la data e l'ora del prelievo;
- il numero identificativo dei campiono prelevati, corrispondente a quanto annotato nella scheda di getto;
- il codice di identificazione della scheda dei getti e del relativo P.C.Q.;
- il risultato delle prove come risultante dai certificati di laboratorio e il loro codice identificativo.

La DL potrà richiedere prove e prelievi integrativi, ove necessario.

8.29 CONFEZIONAMENTO CONGLOMERATO CEMENTIZIO

8.29.1 Campi di applicazione

La presente specifica si applica a tutti i tipi di conglomerato cementizio prodotti in impianti già qualificati dall'APPALTATORE ed approvati dalla DL e utilizzati per le opere identificate dal contratto per i lavori civili necessari per la realizzazione del Quadruplicamento passante ferroviario Porta Susa-Stura nel nodo di Torino.

Il modello da applicare per la gestione e certificazione dei controlli è il PCQ.

Per il controllo ed il mantenimento dei requisiti prestazionali del cls nella fase di confezionamento saranno compilate presso la centrale di betonaggio le schede di registrazione dei dati SR-14 ed SR-15 abbinate al certificato MC-01.

I modelli citati sono contenuti nel documento "Prescrizioni per l'esecuzione di forniture e lavori in assicurazione qualità".

8.29.2 Documenti di riferimento

La presente specifica fa riferimento alla documentazione di tipo contrattuali a tutta la documentazione di progetto quale disegni, specifiche tecniche ecc.; alle seguenti norme e regolamenti:

- Legge 26/05/65 n. 595
- D.M. del 14/01/66
- D.M. del 03/06/68
- D.M. del 01/04/83
- D.M. del 20/11/84
- UNI 6132, 6133, 6135, 6324, 6393, 6395, 7087, 7101, 7120, 7122, 7163, 7549, 7928, 8019, 8145, 8520, 8991, 9156, 9858
- CNR B.U. nn. 4, 27, 34
- ASTM C 123,C127,C128,C136.

8.29.3 Materiali impiegati

Per il confezionamento dei conglomerati cementizi è previsto e consentito l'utilizzo dei materiali aventi le Caratteristiche indicate nel presente Capitolato.

8.29.4 Controlli di prequalificazione

Sia le fonti di approvvigionamento dei materiali che gli impianti di confezionamento del cls debbono essere preventivamente qualificati dall'APPALTATORE, e approvati dalla DL ove esplicitamente indicato, prima del loro utilizzo.

Di seguito sono elencati i requisiti qualitativi richiesti per la loro accettabilità e le modalità di qualifica.

8.29.4.1 Cemento

Saranno ammessi alla fornitura tutti quei cementifici che siano in grado di garantire forniture pari, in quantitativo, alla massima richiesta della centrale di betonaggio asservita.

L'APPALTATORE dovrà trasmettere alla DL un dossier per approvazione del (dei) nominativo (i) prequalificato (i) allegando i seguenti documenti:

- una relazione riportante il tipo di cementi forniti e per ognuno di questi la capacità massima di fornitura dell'impianto in t/gg

- i certificati di prova dei cementi emessi dal fornitore, che dimostrino la conformità di questi alle specifiche indicate nel presente Capitolato.

8.29.4.2 Aggiunte (ceneri volanti e microsilice)

La qualificazione della fonte di approvvigionamento sarà fatta dall'APPALTATORE con la produzione di un dossier composto dai seguenti documenti:

- relazione tecnica riportante la tipologia e la capacità massima di fornitura dei prodotti
- un verbale di conformità dei prodotti alle caratteristiche riportate sul presente Capitolato redatto in base a prove di laboratorio; i certificati delle prove saranno allegate al verbale.

L'APPALTATORE trasmetterà alla DL il dossier di qualificazione.

8.29.4.3 Aggregati

Per la qualifica dei fornitori degli aggregati si procederà diversamente a seconda dei due seguenti casi:

a) Aggregati provenienti da cava

Nel caso di prelievo da cava, intendendo per cava una Azienda che estragga, frantumi e vagli materiali litoidi costantemente da uno stesso luogo in cui è situato l'impianto o un luogo scelto dall'APPALTATORE dal quale estrarre, frantumare, vagliare detti materiali, l'APPALTATORE dovrà:

- qualificare la cava mediante l'analisi tecnico/amministrativa della cava stessa, impiegando un modulo di qualificazione del tipo indicato nel paragrafo 8.34.
- sottoporre dei campioni di cava ad una analisi presso un laboratorio ufficiale che certificherà la conformità dei materiali alle specifiche riportate al punto 8.3. precedente
- quantificare la probabile quantità di materiale estraibile dalla cava stessa
- redigere un verbale riportante i risultati della suddetta qualificazione, gli esiti delle prove sui materiali e la capacità di fornitura della cava

Il dossier composto dalla documentazione come sopra elencato e da una chiara identificazione della cava sarà trasmesso alla DL per approvazione.

b) aggregati provenienti da scavo

L'APPALTATORE dovrà qualificare sia lo scavo che l'impianto di frantumazione e vagliatura che utilizzerà.

Per lo scavo dovrà:

- prelevare campioni dal fronte di scavo e sottoporli ad una analisi presso
- un laboratorio ufficiale limitatamente alle seguenti prove:
- contenuto di solfati e cloruri
- potenziale reattività in presenza di alcali
- perdita di massa per urto e rotolamento, secondo UNI 8520 parte 19a, per gli aggregati grossi
- equivalente in sabbia secondo UNI 8520 parte 15 per la frazione fine
- determinazione dei coefficienti di forma e appiattimento secondo UNI 8520 parte 18a.
- redigere una relazione tecnica sui mezzi e le metodologie impiegate per l'estrazione.

Per la qualificazione dell'impianto di frantumazione e vagliatura:

- effettuare l'analisi tecnico/amministrativa dell'impianto, impiegando un modulo di quali-ficazione del tipo 8.34.
- sottoporre dei campioni trattati nell'impianto ad analisi presso un laboratorio ufficiale che certificherà la conformità dei materiali alle specifiche riportate nel presente capitolato.
- redigere un verbale riportante i risultati della suddetta qualificazione, gli esiti delle prove sui materiali e la capacità di fornitura dell'impianto.

Tale documentazione costituirà il dossier di qualificazione sia dello scavo che dell'impianto di frantumazione e vagliatura connesso.

Il dossier composto dalla documentazione come sopra elencato e da una chiara identificazione sia della zona di scavo che dell'impianto sarà trasmesso alla DL per approvazione.

8.29.4.4 Acqua d'impasto

Se l'acqua necessaria al confezionamento dei conglomerati cementizi sarà prelevata da fonti (pozzi, sorgenti, ecc.) situate nell'area di effettuazione degli impasti, l'APPALTATORE effettuerà la qualificazione di tali fonti mediante prove di laboratorio mirate all'accertamento dei parametri caratteristici indicati al 8.29.4.4, nonché alle normative di legge di cui ai DD.MM. del 3/6/68 e del 1/4/83.

Si dovrà redigere un verbale contenente le indicazioni necessarie a qualificare le condizioni del prelievo.

I campioni prelevati (2 serie) sigillati e contrassegnati, saranno inviati ad un laboratorio ufficiale per le analisi (1° campione) e conservati con cura dall'APPALTATORE per eventuali riprove (2° campione).

Tale documentazione costituirà il dossier di qualificazione per la fonte e l'acqua d'impasto.

Il dossier sarà trasmesso alla DL insieme ad una chiara identificazione della fonte utilizzata.

8.29.4.5 Additivi e disarmanti

Saranno ammessi i fornitori che siano in grado di adempiere ai dettami ed alle specifiche del contratto, in accordo alle presenti prescrizioni di C.Q., e di garantire forniture congrue con le esigenze dei lavori.

L'APPALTATORE dovrà redigere un dossier di qualificazione contenente i seguenti controlli e informazioni:

- il tipo di additivi e disarmanti forniti
- la capacità massima di fornitura
- una relazione tecnica sui dosaggi e benefici conseguenti e sulle modalità di impiego
- attestato di conformità del prodotto alle norme UNI vigenti.
- risultati delle prove previste nelle precedenti specifiche tecniche

L'APPALTATORE trasmetterà alla DL il dossier di qualificazione del fornitore per approvazione.

8.29.5 Qualificazione impianti e mezzi di confezionamento

8.29.5.1 Centrale di betonaggio

La qualifica della centrale di betonaggio, e la verifica della sua capacità a produrre calcestruzzi con caratteristiche in accordo a quelle indicate nel presente Capitolato, avverrà dopo la procedura di verifica della taratura dell'impianto, le cui modalità di esecuzione sono riportate in 0.

L'APPALTATORE effettuerà la qualifica dell'impianto e redigerà una relazione delle verifiche tecniche effettuate che attesti l'esistenza e l'efficienza di tutti i mezzi e le apparecchiature ed in particolare dei:

- Sistemi di dosaggio automatico
- Sistemi di controllo dei dosaggi e delle granulometrie
- Silos di stoccaggio del cemento sfuso ed eventuali silos per additivi
- Magazzini cemento insaccato
- Sistemi di prelevamento degli inerti
- Sistemi di misura umidità di sabbie e inerti
- Sistemi di lavaggio inerti

Per il controllo del mantenimento degli standard operativi, il Responsabile di Controllo Qualità dell'APPALTATORE dovrà assicurare che le centrali/impianti di confezionamento dei conglomerati cementizi provvedano a:

- registrare, con frequenza minima giornaliera e comunque ad ogni significativo cambio di condizioni termo-igrometriche, sull'apposito modulo i valori ottenuti dai controlli manuali e dalle letture fornite automaticamente dalle sonde, relativi all'umidità di tutte le classi di aggregati presenti nelle tramogge. Sullo stesso modulo andranno registrati gli eventuali interventi attuali sugli strumenti di cui è dotata la centrale per correggere l'eventuale disuniformità di lettura.
- controllare e registrare sull'apposito modulo, con frequenza minima di due volte al giorno, il valore dello slump dei carichi di partenza dalla centrale, confezionando ogni volta almeno una coppia di cubetti per verificare la resistenza a 28 giorni. Il valore dello slump rilevato in Centrale deve essere riportato dall'operatore sulla bolla di accompagnamento.
- predisporre e tenere aggiornato il registro le Non Conformità riscontrate durante l'operatività della Centrale (carichi con dosaggi fuori limite di accettabilità, slump al di fuori del range di accettabilità relativo alla classe di consistenza, autobetoniere rifiutate dal cantiere con relative motivazioni, etc.).

Tale documentazione dovrà essere resa disponibile a cura dell'Appaltatore su richiesta della DL.

I moduli allegati in fac-simile al documento "Prescrizioni per l'esecuzione di forniture e lavori in assicurazione qualità" dovranno essere compilati a cura del responsabile di CQ dell'impianto di betonaggio.

8.29.5.2 Betoniere

L'APPALTATORE. dovrà accertarsi preliminarmente dello stato di efficienza ed idoneità dei mezzi, in particolare del tipo di manutenzione svolta periodicamente ed accertare che tali verifiche risultano sistematicamente annotate su una apposita scheda di manutenzione del mezzo custodita sul mezzo stesso.

8.29.6 Prequalifica delle tipologie di conglomerato cementizio

La presente specifica si riferisce allo studio preliminare di qualificazione del MIX DESIGN del conglomerato cementizio.

La qualificazione avverrà a cura dell'APPALTATORE. e dovrà essere effettuata almeno 45 giorni prima dell'inizio dei getti.

La suddetta qualifica potrà essere effettuata presso il laboratorio qualificato dall'APPALTATORE e approvato della DL o presso il laboratorio del fornitore, se approvato ufficialmente, o presso un laboratorio ufficiale.

La procedura di qualifica è articolata in tre fasi:

1° fase: prove sui materiali

2° fase: prove di impasto

3° fase: prove sui conglomerati cementizi e produzione della documentazione relativa ai materiali, agli impasti e ai mezzi impiegati.

Tutte le suddette fasi saranno eseguite per ogni tipo e classe di conglomerato cementizio prodotto e impiegato dall'APPALTATORE. I limiti di accettabilità di tutte le caratteristiche saranno quelli indicati dal presente Capitolato e dalla normativa vigente.

8.29.6.1 Fase 1: prove sui materiali

8.29.6.1.1 *Materiali costituenti la miscela d'impasto*

Si dovranno elencare i materiali impiegati, indicandone provenienza, tipo e qualità. A tale elenco saranno unite le documentazioni comprovanti la conformità alle specifiche del presente Capitolato, e precisamente:

- cemento:
- prove previste dalla legge 595/65 e dal D.M. 09/03/88 n0 126, del D.M. 13/09/93 G.U. 22/09/93;
- analisi chimica dei contenuti di C3A e C4AF + 2C3A
- Sabbie:
- modulo di finezza (UNI 7163)
- contenuto passante al vaglio 0,075 mm. (UNI 7163)
- contenuto di argilla
- contenuto di parti leggere e vegetali (ASTM CI 23)
- contenuto di solfati
- contenuto di cloruri solubili
- contenuti di sostanze organiche (UN! 7163) equivalente in sabbia (CNR-B•U• n•27) curva granulometrica (ASTM C136 o UNI 7163 parte B).

Inerti grossi:

- esame petrografico
- contenuto passante al vaglio 0,075 mm. (UNI 7163)
- contenuto di argilla
- contenuto di parti leggere e vegetali (ASTM CI 23)
- contenuto di solfati
- contenuto di cloruri solubili
- degradabilità ad attacchi di sostanze solfatiche
- massa volumetrica ed assorbimento (ASTM C 128, C 127)
- resistenza a compressione semplice (CNR n.4)
- coefficiente di forma e appiattimento (UNI 7163)
- perdita di massa per urto e rotolamento (CNR 34)
- resistenza ai cicli di gelo-disgelo
- potenziali reattività in presenza di alcali

- curva granulometrica (ASTM C 136 o UNI 7163 parte B)

Acqua d'impasto:

- contenuto di solfati
- contenuto di cloruri
- contenuto di acido solforico
- contenuto totale dei sali minerali
- contenuto sostanze organiche
- contenuto sostanze solide sospese

Aggiunte:

- perdita al fuoco;
- contenuto di solfati;
- contenuto di cloruri;
- contenuto di ossidi;
- stabilità volumetrica;
- trattenuto;
- massa volumica;
- attività pozzolanica;
- superficie specifica;
- carbone libero;
- umidità;
- P H.

Additivi:

- effetto fluidificante a riduzione d'acqua;
- mantenimento della lavorabilità;
- effetto ritardante o accelerante;
- aria inglobata;
- indice di efficienza DOT per gli antievaporanti•

Conglomerato cementizio fresco

Dopo aver prodotto i campioni di prova del conglomerato su di essi si effettueranno le seguenti prove e si produrranno i certificati relativi:

- determinazione abbassamento al cono (UNI 9418)

- determinazione acqua essudata (UNI 7122)
- dosaggio cemento e rapporto acqua/cemento (UNI 6393)
- contenuto totale di cloruri
- massa volumica (UNI 6324)
- omogeneità (vedi punto 8.33)

Conglomerato cementizio indurito

Si effettueranno le seguenti prove e si produrranno i certificati relativi:

- determinazione resistenza caratteristica a compressione (UNI 6132)
- massa volumica

ed ove richiesto:

- resistenza agli attacchi chimici
- resistenza al gelo.

Le prove indicate andranno a costituire una "Relazione" di prequalifica della miscela che verrà inviata per informazione alla DL, prima della effettuazione delle prove di qualifica dei Mix all'impianto e che sarà vincolante per la qualifica.

Fase 1: Prequalifica del Cls (Studio del Mix Design)

Le prove di qualifica devono essere precedute e supportate da uno studio (Mix Design) per consentire all'Appaltatore la scelta dei materiali da impiegare, la scelta della composizione della miscela, (curva granulometrica, tipo e dosaggio dei materiali, rapporto A/C, slump, additivi, ed eventuali aggiunte).

Il Mix Design dovrà essere progettato da un laboratorio preventivamente qualificato dal Appaltatore ed approvato dalla DL.

Per lo studio del Mix Design l'Appaltatore utilizzerà componenti preventivamente qualificati, e, ove previsto, approvati dalla DL.

L'Appaltatore, definite le caratteristiche del Mix Design, effettuerà n° 8 prove di impasto in betoniera, di cui:

- quattro con il dosaggio ed il rapporto a/c previsti dal progetto del Mix;
- due con lo stesso dosaggio ma con un rapporto a/c maggiore di circa 2 centesimi;
- due con lo stesso dosaggio ma con un rapporto a/c minore di circa 2 centesimi.

Per ogni impasto verranno confezionati n. 14 cubetti, per le prove di rottura a compressione a 1, 3, 7, 14, 28, 60 e 90 giorni, su due cubetti a ciascuna scadenza, presso un laboratorio qualificato.

La prova a 3 giorni potrà essere costituita con quella a 48 ore, a giudizio del progettista del Mix.

Con i risultati ottenuti fino alle prove a 28 giorni, andranno costruite le curve di andamento delle resistenze nel tempo e di variazione della resistenza in funzione del rapporto a/c e/o dello slump.

Fase 2: Qualifica del Cls

Le prove di qualifica del Cls andranno eseguite in impianti già qualificati o che abbiano almeno superato positivamente tutte le procedure di taratura delle bilance, dei dosatori, delle sonde e di controllo del software di gestione.

Le miscele qualificate in un impianto di betonaggio s'intenderanno qualificate e quindi convenzionabili anche in altri impianti, purchè qualificati.

All'impianto di betonaggio tutte le prove e i prelievi verranno effettuati da un laboratorio ufficiale/autorizzato.

Questi, prima dell'inizio delle prove, effettuerà un doppio campionamento di tutti gli aggregati, cemento, additivi ed acqua, dalle tramogge, silos e cisterne.

Un campione dei vari componenti verrà utilizzato dal laboratorio ufficiale/autorizzato per effettuare le prove sui materiali, previste dal Capitolato, l'altro opportunamente sigillato, verrà conservato dall'appaltatore e comunque tenuto a disposizione della DL per un periodo massimo di 90 giorni.

Sempre prima dell'inizio delle prove si eseguirà la determinazione dell'umidità delle varie classi di aggregato grosso per essiccazione. Per le sabbie, l'umidità delle varie classi di aggregato grosso per essiccazione. Per le sabbie, l'umidità determinata per essiccazione, verrà comparata con quella data dalle sonde posizionate nell'impianto, onde verificate la loro taratura.

Verificata la corrispondenza della composizione della miscela inserita nei software di gestione, registrata la temperatura dell'acqua di impasto e dell'aria, si procederà ad effettuare un carico di almeno 4 mc di cls.

Dopo aver accertato dal documento di carico, che l'impasto è avvenuto nel rispetto della tolleranza dei singoli componenti e trascorso il tempo minimo necessario per garantire l'omogeneità dell'impasto (t' = n mc + 2'), si procederà ad effettuare le prove sul cls fresco, sempre ad opera del laboratorio ufficiale/autorizzato nel seguente modo:

1) ad 1/5 di scarico della betoniera:

- slump;
- massa volumica;
- aria inglobata;
- acqua essudata;
- temperatura del cls;
- trattenuto di aggregato al setaccio di 4 mm;
- prelievo di 8 cubetti;
- controllo della composizione del cls fresco UNI 6393 (limitatamente al contenuto d'acqua)

2) ai 4/5 di scarico della betoniera:

- slump;
- trattenuto di aggregato al setaccio di 4 mm (per prova di omogeneità rispetto al valore del primo quinto);
- prelievo di 8 cubetti;

La prova a compressione verrà eseguita dal laboratorio ufficiale/autorizzato a ciascuna delle seguenti scadenze: 1,3,7,14,28,60, 90 giorni di maturazione su due cubetti, ad eccezione di quella a 28 gg. che sarà eseguita su quattro cubetti.

La qualifica si intenderà positivamente superata allorquando:

- il valore Rm della resistenza a compressione a 28, sarà:

per cls 20 MPa ≤ Rck ≤ 25 MPa Rm ≥ Rck + 25%

per cls 30 MPa ≤ Rck ≤ 35 MPa Rm ≥ Rck + 20%

per cls Rck ≥ 40MPa Rm ≥ Rck + 15%

con il valore minimo di ogni singolo provino $R_1 \geq$ Rck + 3,5 MPa.

Il valore dello slump sia conforme alla classe di consistenza dichiarata, inoltre a scopo conoscitivo, si potranno eseguire anche prove del mantenimento della lavorabilità eseguendo lo slump a 60' - 90'.

- i valori dello slump ad 1/5 e 4/5, eseguito dopo 30', non differiscano tra di loro più di3cm;
- l'aria inglobata, per calcestruzzi aerati, sia conforme ai valori prescritti nella tabella al paragrafo 4.6.4 e, per il cls standard ≤ al 3,0% come da norma;
- il valore dell'acqua essudata, secondo UNI 7122/89, non superi il valore dello 0,1% dell'acqua totale dell'impianto;
- nella prova di omogeneità, la differenza in percentuale in peso del materiale trattenuto non vari più del 10% sui due campioni;
- il dosaggio dell'acqua ottenuto con l'effettuazione della prova UNI 6393/72 non si scosti più del 5% rispetto ai valori indicati nella stampa di carico;
- il valore della massa volumica dia ± 3% rispetto quella del mix di prequalifica.

Al termine dell'attività di qualifica relativa a ciascuna miscela di cls, a fronte dei certificati del Laboratorio Ufficiale, verrà compilato un "Dossier di qualifica", che verrà inviato alla DL per approvazione.

8.29.6.2 Fase 3: documentazione

Si dovrà produrre una relazione di qualificazione per ogni tipo e classe di conglomerato, alla quale, in base anche alle prove di cui alle fase 1 e 2, si dovranno allegare i seguenti documenti:

- elenco dei materiali impiegati, indicante provenienza, tipo e qualità dei medesimi.
- Certificati di conformità dei materiali costituenti la miscela d1impasto.
- Certificato della massa volumica reale s.s.a., massa volumica reale ed apparente ed assorbimento, per ogni classe di inerti, secondo UNI 7549/76 parti 4a-6a.
- Studio granulometrico
- Tipo e dosaggio del cemento.
- Rapporto acqua/cemento.
- Tipo e dosaggio degli eventuali additivi.
- Proporzionamento analitico della miscela e resa volumetrica.
- Valore della consistenza misurata al Cono di Abrams.
- Risultati delle prove preliminari di resistenza a compressione e curve di resistenza nel tempo.
- Curve di resistenza in funzione dei valori di slump e del rapporto a/c.
- Preparazione di provini per la determinazione delle caratteristiche di durabilità del conglomerato cementizio
- Caratteristiche dell'impianto di confezionamento
- Sistemi di trasporto, di getto e di maturazione.

8.29.6.3 Approvazione della DL

Le documentazioni di cui sopra verranno trasmesse alla DL.

Questa, dopo l'esame dei documenti e dopo l'esecuzione degli impasti di prova, approverà, se le riterrà idonee, l'impiego delle miscele oggetto di qualifica, con l'emissione, per ogni tipo e classe di conglomerato cementizio, di un apposito documento di approvazione

L'approvazione da parte della DL non solleverà, in base alle norme vigenti, in alcun modo l'APPALTATORE dalle sue responsabilità.

Copia del documento di approvazione farà parte del dossier di qualifica di ogni singolo getto

8.29.7 Controlli in corso d'opera

Il Responsabile di CQ dell'APPALTATORE dovrà predisporre una pianificazione dei controlli periodici previsti per il cls nelle specifiche seguenti relativamente ai materiali componenti, al confezionamento, agli impianti e mezzi d'opera. Tale documento dovrà riportare oltre i dati identificativi del Fornitore/fornitura oggetto della verifica, il tipo di controllo e frequenza, il calendario delle ispezioni, la indicazione della struttura responsabile del controllo (Laboratorio, Ufficio Approvvigionamenti, Controllo Qualità, etc.), la tipologia della certificazione da acquisire.

Il piano dei controlli in corso d'opera dovrà essere finalizzato al monitoraggio e mantenimento degli standards iniziali di qualifica e dovrà essere inviato per informazione alla DIREZIONE LAVORI a cura del Responsabile di CQ dell'Appaltatore. Tale documento sarà aggiornato con cadenza periodica in funzione degli esiti delle verifiche effettuate e delle tempistiche di attuazione delle eventuali azioni correttive richieste. Il calendario delle verifiche dovrà comunque essere modulato per garantire l'attuazione dei controlli in base alla frequenza minima indicata in specifica.

8.29.7.1 Cemento

Ogni lotto di cemento, che dovrà provenire da cementificio qualificato, sarà accettato dietro presentazione di certificato del fornitore riportante la composizione del prodotto.

Si dovranno effettuare, per ogni 1000 t (500 tl impiegato in galleria) di cemento proveniente da un singolo fornitore, le verifiche seguenti:

- Caratteristiche generali, secondo L.595/65, D.M. 09/03/88 n° 126, D.M. 13/09/93 G.U. 22/09/93.
- Analisi chimica del contenuto di C3A.
- Analisi chimica del contenuto di C4Af + 2C3A.

Le prove avverranno presso laboratorio qualificato dall'APPALTATORE e approvato da DL o presso un laboratorio ufficiale.

In corso d'opera l'Appaltatore dovrà effettuare le verifiche anche con prelievi da eseguirsi in contraddittorio con il Fornitore, da autocisterne piombate all'arrivo presso l'impianto di betonaggio.

La copia dei certificati di ogni singola prova, riportanti l'identificazione del lotto controllato e del fornitore, il laboratorio certificante e la data di prova, faranno parte del dossier di qualificazione del conglomerato cementizio in sede di getto.

Tali verifiche dovranno comunque essere effettuate ogni qual volta la DL lo richieda in base a particolari motivazioni tecniche.

In aggiunta a quanto sopra indicato per ogni 10.000 ton di ciascun tipo di cemento utilizzato dovrà essere acquisito nel dossier di qualificazione una attestazione del Cementificio che dichiari il valore medio e l'intervallo di variabilità di ciascun requisito previsto dalla norma UNI/ENV 197/1 relativi alle prove del mese precedente.

8.29.7.2 Ceneri volanti e microsilica

Dovranno essere eseguite delle prove fisiche, chimiche e granulometriche dei prodotti, al fine di verificare le caratteristiche richieste di cui al punto 8.2.

Le verifiche saranno effettuate con la frequenza di prova indicata sulle tabelle riportate ai punti sopra citati e con ceneri volanti (o microsilica) provenienti da una stessa sede o lotto di fornitura.

L'esito di ogni prova dovrà essere riportata su certificato, indicando inoltre l'identificazione del Lotto, il laboratorio e la data della prova.

Le prove avverranno presso laboratorio qualificato dall'APPALTATORE e approvato da DL.

Tali verifiche dovranno comunque essere effettuate ogni qual volta la DL lo richieda in base a motivate esigenze tecniche.

La copia dei certificati faranno parte del dossier di qualificazione del conglomerato cementizio in sede di getto.

8.29.7.3 Aggregati

Sarà controllata la conformità degli inerti alle caratteristiche indicate al punto 8.29.4.3(secondo Norma UNI 8520/86 parte 2a).

Le verifiche avverranno almeno in ragione 1 volta per ogni cambio di cava e/o scavo e di impianto di frantumazione e vagliatura.

Tali verifiche dovranno comunque essere effettuate per ciascuna fornitura equivalente a 20.000 m3 di calcestruzzo confezionato ed ogni qual volta, in base a motivate esigenze tecniche, la DL lo richieda o quando vengano riscontrati difetti o non conformità alle specifiche del conglomerato cementizio o quando le caratteristiche del materiale appaiono difformi dal quelli già testate e qualificate.

Nel caso di approvvigionamento da scavo in galleria si controlleranno i materiali, con prelievo dal fronte di scavo; tali prove saranno limitate al:

- contenuto di solfati e cloruri con frequenza giornaliera;
- alla potenziale reattività in presenza di alcali con frequenza settimanale;
- alla perdita di massa per urto e rotolamento, secondo UNI 8520 parte 19a,
- all'inizio ed a ogni successiva variazione litologica.

Tutte le prove saranno effettuate presso laboratorio qualificato dall'APPALTATORE e approvato dalla DL o presso laboratorio ufficiale.

La copia dei certificati di ogni singola prova, riportanti l'identificazione dei lotto controllato e della fonte di fornitura, il laboratorio certificante e la data di prova, costituiranno il dossier di qualificazione del conglomerato cementizio in sede di getto. Nel caso di cambio della fonte di approvvigionamento, copia dei certificati sarà inoltre trasmessa alla DL con le medesime modalità di cui sopra.

Nel caso di riscontrata reattività agli alcali si comunicherà alla DL le misure adottate per escludere il fenomeno.

8.29.7.4 Acqua d'impasto

Le prove di analisi dovranno determinare le caratteristiche di cui al punto 8.4Tali prove avverranno con una frequenza di una prova ogni 90 giorni, o con frequenza maggiore se indicato dalla DL; le prove saranno comunque effettuate ad ogni cambio di fonte di approvvigionamento idrico. Nel caso di approvvigionamento da pozzi le analisi dovranno essere ripetute ogni 14 giorni.

La copia dei certificati di prova, riportanti l'identificazione dei laboratorio certificante e la data di prelievo, faranno parte del dossier di qualificazione del conglomerato cementizio in sede di getto.

L'impiego degli additivi dovrà essere preventivamente sperimentato, dichiarato nel mix design della miscela e quindi approvato dalla DL.

Nel caso di cambio, della fonte di approvvigionamento, copia dei certificati sarà inoltre trasmessa alla DL con le medesime modalità di cui sopra.

8.29.7.5 Additivi

Gli additivi da impiegare dovranno essere muniti di certificato del fornitore di conformità alle norme.

Copia di tale certificazione, unitariamente ad una scheda tecnica riportante tipo, dosaggi ed effetti dell'additivo, sarà inviata alla DL e sarà allegata al dossier di qualificazione del conglomerato cementizio in sede di getto.

8.29.8 Controlli sul confezionamento

I documenti di certificazione seguenti, saranno allegati al dossier di qualità del conglomerato cementizio in sede di getto.

Tutte le prove saranno effettuate presso il laboratorio di cantiere qualificato dall'APPALTATORE e approvato dalla DL o presso un laboratorio ufficiale.

I certificati di ogni singola prova, riporteranno i dati identificativi del lotto, data di prelievo e laboratorio di prova.

2.29.8.1 Granulometria

Sarà controllata la granulometria degli inerti secondo le modalità UNI 8520/86 parte 3a e parte 5a nonché della UNI 7163/79 Appendice B - e in accordo alle caratteristiche del presente Capitolato indicate al punto 4.2.

Le prove avranno una frequenza di 1 a settimana e comunque di almeno 1 ogni 5.000 mc di inerte impiegato nel confezionamento del lotto.

2.29.8.2 Dosaggio di acqua e cemento

Si effettuerà la prova in riferimento alla Norma UNI 8520/86 parte 13a, per la condizione “satura a superficie asciutta”.

La prova sarà effettuata secondo la norma UNI 6393/72 con una frequenza pari a 2.000 mc di conglomerato cementizio.

Prove aggiuntive potranno essere richieste dalla DL in base a motivate esigenze tecniche.

2.29.8.3 Temperature operative

Si dovrà verificare almeno 2 volte al giorno le temperature atmosferiche e le temperature di miscelazione degli impasti.

Tali temperature dovranno rientrare nei limiti di cui al 8.15. La temperatura di miscelazione sarà riportata sul dossier di qualificazione di ogni impasto.

2.29.8.4 Conglomerati cementizi resistenti al gelo

Si verificherà, presso un laboratorio di cantiere approvato o presso laboratorio Ufficiale il coefficiente di permeabilità secondo prova riportata nel capitolo 8.33, con limite di accettabilità inferiore a 10E-11 cm/s.

Se prescritto o richiesto dalla DL si dovrà inoltre determinare la resistenza ai cicli di gelo-disgelo, secondo UNI 7087/72.

Il certificato della prova sarà riportata sul dossier di qualificazione di ogni miscela.

Nel caso vengono adoperati additivi aeranti, per ogni lotto dovrà essere controllato il contenuto di aria occlusa mediante prova eseguita secondo UNI 6395/72.

La prova sarà effettuata presso un laboratorio qualificato dall'APPALTATORE e approvato dalla DL.

.

2.29.8.5 Conglomerati cementizi esposti ad attacchi chimici

Si dovranno verificare le rispondenze dei conglomerato cementizio al progetto. La classe di resistenza e il tipo di cemento impiegato saranno comunicate alla DL.

I risultati delle verifiche saranno riportate sull'apposito certificato da conservare nel dossier qualificazione del conglomerato cementizio.

2.29.8.6 Impianti e mezzi

2.29.8.6.1 Centrale di betonaggio

L'impianto approvato dovrà essere di tipo automatizzato e dovrà essere verificato, in particolare per quanto concerne le bilance, almeno ogni 2 mesi.

Si redigerà allo scopo una relazione tecnica che attesti l'esistenza e l'efficienza di tutti i requisiti richiesti dal Capitolato di Costruzione.

Le tarature periodiche delle bilance saranno invece effettuate almeno una volta l'anno, salvo indicazioni diverse da parte della DL, con le stesse modalità riportate nella procedura allegata (all. 4).

Tutte le bilance tarate dovranno avere applicato un cartellino riportante la data di taratura e la scadenza.

L'APPALTATORE trasmetterà tale documentazione alla DL.

Nel corso della fornitura il CQ dell'APPALTATORE dovrà effettuare delle ispezioni presso gli impianti al fine di accettare che il tenore di umidità di tutti gli aggregati sia rilevato con la frequenza indicata al punto 8.29.5.1 e conseguentemente sia corretta automaticamente (o manualmente in assenza di sonde di rilevamento) la quantità dell'acqua di impasto.

Le ispezioni dovranno evidenziare tramite la compilazione di apposito verbale che il sistema di gestione e controllo dell'impianto sia conforme a quanto indicato dalle specifiche.

2.29.8.6.2 Betoniere

L'APPALTATORE dovrà accertarsi periodicamente dello stato di efficienza dei mezzi, in particolare dello stato di usura delle lame e dell'accumulo di conglomerato indurito o legante.

Tale verifica avverrà ogni 4000 mc e almeno ogni mese e sarà annotata su una apposita scheda di manutenzione del mezzo, custodita sul mezzo stesso.

2.29.8.7 Prove e controlli in corso d'opera sul Cls

In corso d'opera il cls ed i suoi componenti verranno sottoposti a controlli e prove, la cui frequenza e i cui limiti di accettabilità sono quelli previsti dal Capitolato. Qualora l'impasto venisse eseguito con premiscelatore, il prelievo per le prove previste ad esclusione della consistenza, può essere effettuato presso il laboratorio dell'impianto.

Se al controllo della lavorabilità (misura dello slump) nel luogo di getto, risultasse detto valore inferiore fino a 3 cm rispetto al limite minimo della classe di consistenza, è ammessa

l'aggiunta di superfluidificante dello stesso tipo utilizzato per il confezionamento del cls in questione, in quantità predeterminata, sulla base di prove specifiche preventivamente effettuate per ogni mix.

L'aggiunta dovrà essere registrata sulla bolla di consegna a cura del laboratorio e del Responsabile del getto e comunque dovrà essere effettuata entro 90 minuti dal momento del confezionamento all'impianto, così come risulterà dalla bolla di trasporto.

I risultati delle prove previste, ordinati cronologicamente e per zone di getto, verranno esaminati dal Controllo Qualità dell'APPALTATORE . per verificarne la conformità alle prescrizioni tecniche applicabili.

La conformità/accettazione del calcestruzzo indurito, sarà valutata secondo i criteri della Legge 1086 del 5 novembre 1971, e delle NTC2008 - Capitolo 11 ("Controllo di accettazione tipo A").

Per raggiungere l'obiettivo di mantenere le caratteristiche prestazionali di ciascuna miscela (magroni esclusi) costanti nel tempo, il Controllo Qualità del GC, in una prima fase lavorativa, relativamente a ciascuna miscela usata, dovrà registrare ed elaborare i risultati delle prove eseguite su ciclo di produzione di n° 75 prelievi e riportarli in un diagramma sul quale è individuata una banda predeterminata di oscillazione, che avrà come limite inferiore il valore Rck + 3,5 Mpa, e come limite superiore il valore della resistenza massima ottenuta in qualifica sui quattro provini rotti a 28 gg.

Dopo l'esito delle prove, verrà definita, in funzione degli intervalli di variazione ottenuti, una carta di controllo che indichi una fascia di oscillazione delle resistenze entro la quale la produzione possa essere considerata "controllata". Verranno inoltre definiti, qualora nel corso della produzione/fornitura alcuni risultati uscissero dalla fascia, i criteri di valutazione e di controllo e gli interventi correttivi da attivare, per ripristinare la costanza "di qualità" della produzione nel tempo.

In particolare, in funzione del numero di risultati che escono dalla fascia, verranno attivati accertamenti e/o controlli integrativi, quali ad esempio:

- verifica delle modalità di miscelazione;
- verifica delle modalità di confezionamento dei prelievi;
- verifica della modalità di stagionatura durante le prime 24 h;
- verifica della taratura degli impianti;
- verifica delle sonde per la determinazione dell'umidità degli inerti;
- verifica della curva granulometrica degli inerti;
- verifica del cemento utilizzato mediante prove su malta plastica;

al fine di individuare le cause dell'abbassamento dello standard qualitativo, e porvi tempestivamente rimedio.

L'APPALTATORE dovrà dare evidenza oggettiva (es: emissione di verbali) delle anomalie riscontrate e degli interventi correttivi adottati.

La relativa documentazione prodotta verrà gestita come "Documentazione di registrazione della qualità" e tenuta a disposizione della DL.

Nel corso della produzione/fornitura i limiti delle fasce potranno essere riesaminati ed aggiornati.

Una miscela di calcestruzzo che è stata qualificata con miscelazione in autobetoniera può, in corso d'opera, essere confezionata anche con miscelazione all'impianto (premiscelatore).

8.30 PREQUALIFICA DEI FERRI D'ARMATURA PER CALCESTRUZZO ARMATO

2.30.1 Campi di applicazione

La presente Specifica si applica a tutti i tipi di forniture di acciai per ferri d'armatura di opere in conglomerato cementizio armato.

I controlli saranno registrati nei Certificati compresi nei P.C.Q. dei manufatti in calcestruzzo nelle posizioni relative a:

- verbale accettazione acciai d'armatura
- certificati prove su acciai in cantiere.

8.30.1 Documenti di riferimento

La presente Specifica fa riferimento alla documentazione di tipo contrattuale; a tutta la documentazione di progetto quale disegni, specifiche tecniche ecc.; alle norme e prescrizioni di legge applicabili, anche se non espressamente richiamate.

8.30.2 Qualificazione dei fornitori

Saranno ammessi alla fornitura di acciai per costruzioni civili soltanto fornitori prequalificati dall'APPALTATORE.

L'APPALTATORE, prima dell'approvvigionamento dei materiali dovrà trasmettere una lettera di notifica alla DL con il nominativo del fornitore da cui intende approvvigionarsi, i tipi di acciai e le caratteristiche della gamma delle barre richieste e i verbali di qualifica del fornitore.

8.30.3 Controlli sui materiali

Ogni lotto di barre di acciaio controllate in stabilimento dovrà essere munito di documentazione del fornitore, secondo la Normativa vigente, che certifichi gli avvenuti controlli.

Tale certificazione dovrà essere allegata al dossier di qualificazione dell'opera in calcestruzzo armato per la quale il lotto è stato impiegato.

L'acciaio ponente ogni otto dovrà recare in modo visibile i contrassegni di riconoscimento.

In cantiere o in stabilimento di prefabbricazione dovranno essere effettuate le prove previste dalla normativa vigente.

La DL potrà comunque disporre l'effettuazione di controlli ulteriori con le modalità da essa stessa indicate, in base a motivate esigenze tecniche.

8.30.4 Controlli in accettazione

All'arrivo del materiale in cantiere e/o in stabilimento di prefabbricazione saranno effettuati dei controlli di accettazione.

Questi saranno documentati tramite la compilazione di un apposito verbale.

I controlli riguarderanno l'accertamento della provenienza del materiale da fornitore qualificato, l'esistenza dei certificati di origine e dei contrassegni sulle barre d'acciaio, la corrispondenza della fornitura di documenti d'ordine, l'assenza di ruggine, grasso ed altri elementi pregiudizievoli per l'impiego in opera della fornitura. Da ogni partita saranno prelevate delle barre campione con le modalità indicate al punto 8.5, per il controllo del peso effettivo delle barre.

Il materiale rifiutato dovrà essere immediatamente stoccato in apposita area di segregazione.

8.30.5 Controlli in corso d'opera

Le gabbie di armatura dovranno essere assemblate mediante legatura doppia incrociata con filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0.6 mm.

Nel caso di gabbie assemblate con parziale saldatura l'acciaio dovrà essere del tipo saldabile e rispondente ai requisiti del D.M. 14.01.2008. La saldatura dovrà essere autorizzata dalla DL dietro preventiva presentazione di una idonea procedura di lavoro che esplichi le modalità di esecuzione, materiali ed attrezzature, nonché la qualifica dei saldatori. Nel caso di impiego di manicotti l'APPALTATORE dovrà consegnare preventivamente alla DL le schede tecniche dei prodotti da utilizzare.

8.31 MANUFATTI PREFABBRICATI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

8.31.1 Campi di applicazione

La presente procedura si applica a tutti i tipi di manufatti prefabbricati. In particolare la presente procedura risponde alle prescrizioni del punto 6 d di questa stessa sezione di capitolato.

I modelli di PCQ da applicare saranno di due tipi.

La struttura di CQ del Prefabbricatore dovrà predisporre un modello di PCQ, in ottemperanza alle prescrizioni della presente specifica, con il quale gestirà le fasi di controllo della produzione. movimentazione e stoccaggio dei manufatti presso l'impianto di produzione. Tale modello sarà contenuto nel Piano di Qualità di produzione che dovrà essere redatto per ciascun impianto di prefabbricazione e presentato per l'approvazione della DL almeno 60 gg. prima dell'utilizzo delle relative lavorazioni.

Le fasi di controllo delle operazioni di stoccaggio, movimentazione e posa in opera presso i cantieri di costruzione saranno gestite mediante il modello PCQ QMP ed il relativo certificato MP0l contenuto nel documento “Prescrizioni per l'esecuzione di forniture e lavori in assicurazione qualità”.

8.31.2 Documenti di riferimento

La presente procedura fa riferimento:

- alla documentazione di tipo contrattuale;
- a tutta la documentazione di progetto quale disegni, specifiche tecniche ecc.;

- alle seguenti norme e regolamenti:
- legge 1086 del 5/11/1971
- DM 09/01/1996 (Norme tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della suddetta legge)
- Norme per il calcolo e la costruzione di strutture a grandi pannelli, di cui alla circolare del Ministero Lavori Pubblici n. 6090 dell'11/8/1969 e successivi aggiornamenti
- D.M. del 03/12/1987, n. 39 - Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate
- Circolare Min. LL.PP. 16/03/1989 n. 31104 - Istruzioni in merito alle Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.

8.31.3 La prequalificazione degli impianti di produzione

Le attività di prefabbricazione debbono essere preventivamente approvate dalla DL a cui l'APPALTATORE deve sottoporre un dossier contenente:

- elenco delle parti d'impianto da sottoporre a prefabbricazione e produzione periodica o totale che si intende realizzare in ogni impianto di prefabbricazione;
- nominativo o descrizione dell'impianto di prefabbricazione;
- documentazione di qualifica del suddetto impianto;
- prove sperimentali a cui è stato assoggettato l'eventuale prototipo;
- metodologie di costruzione;
- Piano di Qualità per la costruzione dei componenti da prefabbricare;
- qualifica del laboratorio interno per le prove sui materiali.

L'APPALTATORE trasmetterà alla DL una lettera di notifica con allegata la documentazione di qualifica suddetta.

La DL ricevuto il relativo dossier, dopo l'esame dei documenti e dopo aver proceduto alle ulteriori indagini che ritenesse necessarie, approverà l'impianto di prefabbricazione.

Per quanto riguarda le attività di controllo e qualifica per la preparazione del dossier l'APPALTATORE dovrà seguire le prescrizioni di seguito elencate.

2.31.3.1 Qualificazione dell'impianto

La procedura di qualificazione consisterà nell'esame delle attrezzature e delle modalità di esecuzione degli elementi di fabbrica.

Attrezzature

Si dovranno controllare tutte le attrezzature da usare nella prefabbricazione, quali impianti di betonaggio, piani vibranti, spazi di produzione opportunamente coperti e di stoccaggio, ecc.

Per le centrali di betonaggio ci si atterrà a quanto indicato a riguardo nella "Specifica di C.Q. per il confezionamento del conglomerato cementizio".

Le altre attrezzature dovranno altresì presentarsi in stato di piena efficienza e funzionalità, nonché di dimensioni adeguate a soddisfarle le esigenze della produzione che si intende assegnare all'impianto.

Si dovranno descrivere e valutare le modalità di esecuzione delle lavorazioni, in particolare:

- tempi e modi di produzione;
- metodi di vibrazione;
- metodi di stagionatura;
- metodi di stoccaggio e trasporto.

Le verifiche di qualificazione saranno riportate in una apposita relazione redatta dal Responsabile di C.Q. dell'APPALTATORE, in funzione della tipologia dell'impianto da qualificare.

2.31.3.2 Qualificazione dei materiali

Per la qualifica dei materiali varrà quanto indicato nella presente sezione relativa agli acciai di armatura ed ai calcestruzzi.

Pertanto restano a carico dell'APPALTATORE tutti gli obblighi relativi alle modalità di qualifica delle cave di fornitura degli inerti, alla prequalifica degli impianti di produzione, alla qualifica del laboratorio interno dello stabilimento, allo studio e all'approvazione dei mix design da parte della DL.

8.31.4 Controlli in corso di prefabbricazione

L'APPALTATORE dovrà garantirsi che il sistema di C.Q. dell'impianto di prefabbricazione predisponga, per ogni tipologia di manufatto prefabbricato, un P.C.Q. ed un piano di stagionatura. Tali documenti saranno contenuti nel Piano di Qualità di produzione che dovrà essere presentato alla approvazione della DL per ogni impianto di prefabbricazione.

Il P.C.Q. dovrà riportare le verifiche richieste dalla legge, ed in particolare quanto prescritto dalle NTC2008" e dalle "Norme per il calcolo e costruzione di strutture a grandi pannelli" della circolare del Ministero dei LL.PP. n° 6090 dell'11/08/69.

Esso dovrà anche tener conto dei controlli elencati nelle due Specifiche di C.Q. relative agli acciai, al di confezionamento e posa in opera delle opere in calcestruzzo, ed essere in accordo a quanto indicato nella presente sezione.

In particolare per i prefabbricati in cemento armato precompresso si dovranno seguire anche le prescrizioni elencate nel capitolo 8.33.

Il PdQ preparato dalla struttura di CQ del Prefabbricatore farà parte del Dossier di Qualifica dell'impianto di prefabbricazione da presentare per l'approvazione della DL.

2.31.4.1 Verifiche in corso di costruzione

Il sistema di C.Q. dell'impianto di prefabbricazione dovrà effettuare tutti i controlli richiesti nel P.C.Q. in applicazione di quanto previsto al punto 6 e preparare, per ogni elemento o lotto prefabbricato, il relativo dossier di C.Q. che dovrà accompagnare le opere in oggetto all'atto della consegna in cantiere.

Il responsabile di C.Q. dell'APPALTATORE dovrà definire preventivamente ed inserire nel P.C.Q. le fasi vincolanti alle quali lui, o suoi superiori, intendono presenziare.

In fase di approvazione del PdQ la DL indicherà nel P.C.Q. di produzione le fasi vincolanti alle quali intende presenziare.

8.31.5 Controlli in corso di messa in opera

Anche per le operazioni di messa in opera dei manufatti il Responsabile di C.Q. dovrà compilare il P.C.Q. di queste attività con i controlli di seguito specificati.

2.31.5.1 Verifica dell'identificazione del manufatto

Si dovrà verificare che ogni elemento prefabbricato sia marcato, in modo inalterabile, in conformità ai disegni o al catalogo di produzione per permetterne in qualsiasi momento la sicura identificazione e la data di produzione.

Se il pezzo risulta di peso superiore alle 20 tonnellate si controllerà che sia riportato anche il peso.

La conformità della marcatura alle specifiche sarà annotato sul P.C.Q..

2.31.5.2 Controllo sull'idoneità e sulle protezioni degli elementi

All'arrivo in cantiere dei manufatti prefabbricati il Responsabile di C.Q. dovrà accertarsi che essi siano accompagnati dai dossier di C.Q. sopra descritti.

Si dovrà controllare che, in tutte le fasi di lavorazione e trasporto, siano stati adottati gli adeguati provvedimenti di protezione.

Prima della messa in opera si procederà su ogni singolo elemento ad un esame visivo, in accordo al P.C.Q., del pezzo al fine di accertarsi che non presenti alcun difetto, nonché alla verifica dimensionale, nel rispetto delle tolleranze ammesse mediante misurazioni.

L'esito delle verifiche sarà annotato sul P.C.Q.

Gli elementi non idonei saranno scartati e stoccati in un a apposita area di segregazione.

2.31.5.3 Controlli durante la posa in opera

Prima dell'esecuzione di qualsiasi montaggio di manufatti prefabbricati, dovrà essere notificato alla DL un apposito piano di monitoraggio e/o varo. Il Piano dovrà definire per ciascuna tipologia di manufatto il lotto minimo di monitoraggio (elemento, campata, parte d'opera etc.) per il quale sarà emesso un singolo certificato di C.Q. (Modello MP01).

La data di messa in opera del prefabbricato dovrà essere notificata alla DL.

Dopo la posa in opera di ogni elemento si verificherà il corretto posizionamento (vedi punto 6.9 e mantenimento in posizione dello stesso in modo che risulti stabile e resistente sia a tutte le azioni esterne che al peso proprio.

Tali verifiche saranno annotate sul P.C.Q.

8.32 PREFABBRICATI IN CEMENTO ARMATO PRECOMPRESSO

8.32.1 Controlli sulle casseforme

Si dovranno effettuare i controlli di conformità alle specifiche di progetto e con le tolleranze indicate al punto 6.2.

I controlli effettuati saranno riportati sul P.C.Q.

8.32.2 Controlli sulle armature

2.32.2.1 Posizionamento

Si dovranno effettuare i seguenti controlli di conformità alle specifiche di progetto:

- Controllo sul tipo, sul tracciato e sulla sezione di ogni singolo cavo
- Controllo sui dispositivi speciali, come ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa, ecc.
- Controllo della predisposizione e del posizionamento di tubi di sfiato per le guaine come pre-scritto
- Controllo del posizionamento delle armature in genere con le tolleranze indicate al punto 6.3.

Cavi d'armatura e dispositivi speciali dovranno essere forniti di documentazione riportante:

- identificazione del lotto e provenienza
- idoneità del materiale
- certificazioni allegate delle caratteristiche dei materiali

I controlli effettuati saranno riportati sul P.C.Q.

2.32.2.2 Messa in tensione

La messa in tensione delle armature dovrà avvenire per mezzo di apparecchiature già qualificate.

L'APPALTATORE, prima delle operazioni di messa in tensione, dovrà eseguire il progetto dettagliato delle modalità di applicazione della precompressione ed inviarlo, per informazione, alla DL.

Durante le operazioni di tesatura e delle eventuali ritarature delle tensioni, si dovranno registrare su un apposito modello:

- i tassi di precompressione
- gli allungamenti totali o parziali di ogni cavo

Il modello compilato sarà trasmesso in copia alla DL e costituirà il dossier di qualificazione del manufatto precompresso, insieme alla documentazione di cui sopra.

2.32.2.3 Iniezione delle guaine

Prove di qualificazione della pasta cementizia

Le prove di qualificazione della pasta cementizia saranno le seguenti:

a) certificazione di qualificazione delle materie costituenti la miscela, secondo le prescrizioni e modalità indicate nella procedura di C.Q. relativa alla qualificazione del calcestruzzo. Si dovrà inoltre verificare l'assenza di cloruri, polvere di alluminio, coke o altri agenti che provocano espansione mediante formazione di gas;
b) misurazione del rapporto a/c, predeterminato sperimentalmente;

c) fluidità della pasta d'iniezione al cono di Marsh; la prova sarà effettuata mediante la misura del tem-po di scolo di 1000 cmc di miscela attraverso un ugello di 8 mm di diametro;

d) misura dell'essudazione e del tempo di riassorbimento effettuata su 1000 ml di miscela in cilindro graduato di d = 60 mm e h=450 mm. dopo un tempo di riposo di 3 ore;

e) verifica di assenza di ritiro;

f) determinazione dell'espansione su provini di dimensioni standard e misurata in acqua dopo 2 giorni;

g) misurazione del tempo di inizio presa a 20°C ed umidità relativa del 75%, secondo D.M. 3/6/68 - "Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi";

h) misura della resistenza a trazione per flessione a 8 gg. che dovrà essere superiore a 4MPa;

i) misura della resistenza a compressione semplice a 28 gg. su provini cubici di lato 7 cm. o 10 cm.

Le prove suddette saranno effettuate presso un laboratorio approvato e certificate.

Gli esiti saranno riportati sul P.C.Q. ed i certificati allegati al dossier di qualificazione dell'opera.

La miscela sarà confezionata in una impastatrice che dovrà essere già stata qualificata;

Il tempo di miscelazione sarà determinato di volta in volta mediante prova al cono di Marsh.

Prima della iniezione si verificherà che la miscela venga passata attraverso un setaccio di maglia 2 mm di lato ed il trattenuto sia scartato.

Iniezioni della pasta cementizia

Durante le fasi di iniezione delle guaine si dovrà eseguire la misura della fluidità sulla pasta cementizia in uscita ed in entrata, con le modalità indicate al punto "c)" precedente.

Le fluidità misurate saranno confrontate tra loro e si continuerà l'iniezione fino a che risulteranno uguali (± 4 sec), fermo restando i limiti di idoneità della miscela.

Nel caso di interruzione di iniezione, si controllerà che il tempo intercorso fino alla ripresa delle operazioni non sia superiore ai 5 minuti, annotando gli orari di interruzione e di ripresa.

Al termine delle operazioni si controllerà che la guaina iniettata sia mantenuta per almeno 5 ore alla pressione di iniezione, annotando l'ora di termine delle operazioni e l'ora di rimozione del rubinetto di tenuta.

Si dovrà controllare che le iniezioni siano eseguite entro 15 gg. dalla messa in tensione delle armature di precompressione.

Si dovranno controllare le condizioni climatiche (temperatura e presenza di gelo) secondo le modalità descritte nelle NTC2008.

I controlli relativi alle modalità ed alle tecniche di iniezione sottovuoto, dovranno essere concordate con la DL.

Controlli sul lavoro finito

saranno eseguite prove di tipo endoscopico almeno sul 20% dei cavi di precompressione, in almeno 3 punti per ogni cavo (estremità e mezzeria nel caso di travi appoggiate) e comunque in relazione all'andamento del tracciato.

In caso di esito negativo delle suddette prove le medesime potranno essere aumentate ad insindacabile giudizio della DL.

Tutte le suddette verifiche saranno riportate sul P.C.Q.

8.32.3 Protezione delle armature dalle correnti vaganti

Si dovrà verificare la conformità dei collegamenti delle armature al terminale in ferro dolce e la conformità di questo ed il suo posizionamento in luogo di facile accessibilità.

Nel caso di impiego alternativo di protezioni d'isolamento mediante sostanze dielettriche, si verificherà l'idoneità di queste (certificandone il tipo, la provenienza e attestandone la qualità) e si controllerà la corretta applicazione.

Le suddette verifiche saranno annotate sul P.C.Q..

8.32.4 Getto del calcestruzzo

Si richiamano, per quanto applicabili, i controlli previsti nel punto 8.20 del presente Capitolato.

8.32.5 Stagionatura

Il responsabile di C.Q. dovrà accertarsi che siano stati effettuati i controlli previsti al punto 8.16 e che venga rispettato il piano di stagionatura approvato.

8.32.6 Scassero

Il responsabile di C.Q. dovrà accertarsi che sia trascorso il tempo di stagionatura previsto dal piano di stagionatura.

8.32.7 Controlli strutturali

Il responsabile di C.Q. dovrà verificare che siano stato eseguiti i controlli strutturali così come previsti dal pesente Capitolato e specificatamente:

- effettuazione della misura delle deformate
- esecuzione delle prove di carico

L'esito delle verifiche sarà annotato sul P.C.Q.

8.32.8 Stoccaggio

Il responsabile di C.Q. dovrà verificare che lo stoccaggio sia eseguito in maniera.

In particolare dovrà verificare i tempi minimi e massimi di stoccaggio. L'esito delle verifiche sarà annotato sul P.C.Q.

8.33 PROVE PARTICOLARI SU CALCESTRUZZO

A. CONTROLLO DELL'OMOGENEITÀ

L'omogeneità del calcestruzzo all'atto del getto dovrà essere verificata su due campioni, prelevati rispettivamente a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera.

Dopo aver accertato dal documento di carico, che l'impasto è avvenuto nel rispetto della tolleranza dei singoli componenti e trascorso il tempo minimo necessario per garantire l'omogeneità dell'impasto (t' = n mc + 2'), si procederà ad effettuare le prove sul cls fresco, sempre ad opera del laboratorio ufficiale/autorizzato nel seguente modo:

1) ad 1/5 di scarico della betoniera:

- slump;
- trattenuto di aggregato al setaccio di 4 mm;

2) ai 4/5 di scarico della betoniera:

- slump;
- trattenuto di aggregato al setaccio di 4 mm (per prova di omogeneità rispetto al valore del primo quinto);

3) il valore dell'abbassamento al cono sia conforme alla classe di consistenza dichiarata e si mantenga entro i limiti della stessa, con la tolleranza di ± 20 mm su detti limiti:

- per almeno 60 minuti per temperature fino a 20°C;
- per almeno 45 minuti per temperature fino a 35°C.

4) venga verificata l'omogeneità del calcestruzzo all'atto del getto su due campioni, prelevati rispettivamente a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera:

In tal caso dette p1 e p2 le percentuali in peso di trattenuto al vaglio a maglia quadrata da 4 mm dei due campioni, dopo vagliatura a umido dovrà essere verificata la seguente relazione:

$(p1 - p2) \leq 0{,}15\ ((p1 - p2)/2)$

L'abbassamento al cono dei due campioni prima della vagliatura non dovrà differire di più di 30 mm.

B -DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI PERMEABILITA' A CARICO COSTANTE

- Preparazione n° 2 provini di conglomerato cementizio

Dimensione: cubico di lato 15 cm

cilindrico di diametro 15 cm

altezza 15 cm

- Esecuzione della prova:

Applicazione di un gradiente di pressione da 0,05 a 2,5 MPa ed eccezionalmente fino a 4,0 MPa.

Misurazione della quantità di acqua percolata in 24 ore.

- Determinazione del coefficiente di permeabilità k 1cm/sec)

8.34 FORMULARIO DI VALUTAZIONE CAVE DI INERTI

REQUISITI DEL FORNITORE DI INERTI

La cava deve rispondere ai seguenti requisiti:

- Potenzialità del banco sufficiente a coprire il fabbisogno;
- Affidabilità burocratico/amministrativa dell'azienda
- Affidabilità tecnica dell'azienda

A) Potenzialità del banco

Ai fini della determinazione della potenzialità del banco, verranno determinati:

- Superficie del banco mq.
- Profondità del banco, in funzione dei saggi da effettuarsi ml.
- Volume complessivo presumibile del materiale estraibile mc.

I saggi saranno effettuati lungo il perimetro della cava e all'interno della stessa secondo una maglia da stabilire in funzione dell'andamento planimetrico della cava, tali comunque da essere rappresentativi dall'intero banco.

Dall'esame dei prelievi da effettuarsi alle varie profondità, si ricaverà la stratigrafia del giacimento.

Da detta stratigrafia emergerà il quantitativo complessivo di materiale omogeneo estraibile dalla cava.

B) Aspetti burocratico-amministrativi

- Verificare se la cava è in possesso delle autorizzazioni per lo sfruttamento della cava rilasciate dagli Enti preposti

- Verificare che i trasporti del materiale in uscita siano corredati da bolle di accompagnamento che riportino la classe del materiale.

C) Aspetti tecnici

- Deve essere verificata la potenzialità oraria di sfruttamento del banco, analizzando i mezzi impiegati:

-	Escavatori	n°	capacità mc/h
-	Pale cingolate	n°	capacità mc/h
-	Pale gommate	n°	capacità mc/h
-	Nastro	n°	capacità mc/h
-	Dumper	n°	capacità mc/h
-	Altri mezzi	n°	capacità mc/h
	Totale capacità di estrazione		mc/h

- Deve essere verificato l'impianto di frantumazione e vagliatura accertandone:

- - La validità tecnica:	mediocre - buona – ottima
- Lo stato generale di efficienza:	mediocre - buona – ottima
- La capacità complessiva di trattamento confrontando:	
- impianto di frantumazione	mc/h
- impianto di vagliatura	mc/h

- Deve essere verificato l'impianto di lavaggio accertandone:

- la validità tecnica:	mediocre - buona - ottima
- lo stato di efficienza:	mediocre - buona - ottima
- la capacità complessiva di trattamento confrontando:	
- impianto di lavaggio	mc/h
-impianto di frantumazione e vagliatura:	mc/h
- disponibilità acqua: quantità	scarsa - suff. - abbond.
- disponibilità acqua: continuità	incerta - certa

- Devono in particolare, essere accertate
  le condizioni dei vagli che potranno essere: da sostituire, mediocri, buoni, ottimi

- Si deve accertare che il materiale selezionato, corrisponda per ciascuna classe alle caratte-ristiche granulometriche di cui al capitolato tecnico:
- rispondente., non rispondente.

- - Si deve verificare l'esistenza di setti di separazione tali da garantire che non vengano mescolate tra di loro diverse classi di inerti	SI	NO
- Si deve accertare che sia garantita la esclusione di materiale terroso al momento del caricamento del materiale selezionato.	SI	NO
- Si deve accertare l'esistenza, presso la cava, di un laboratorio gestito da personale qualificato	SI	NO
- Si deve accertare se vengono effettuati controlli sistematici per la verifica delle attendibilità delle granulometrie prodotte:	SI	NO
- Con quali frequenze?	Giornaliere, settimanali, mensili	
- Si deve verificare se esiste una registrazione dei controlli effettuati:	SI	NO
- Si deve accertare se la cava ha già effettuato prove presso laboratori ufficiali al fine di individuare le caratteristiche fisico-chimiche degli inerti prodotti:	SI	NO
- Sia dotata di una officina tale da garantire la continuità di efficienza degli impianti	SI	NO
- Ed, inoltre se l'officina è dotata di una congrua scorta di ricambi tali da assicurare il pronto ripristino delle parti di impianto che si dovessero deteriorare.	Scarsa, suff., abbond.	

8.35 FORMULARIO DL VALUTAZIONE IMPIANTI DI INERTI VAGLIATI E/O FRANTUMATI

Si elencano le operazioni di verifica a cui l'Appaltatore deve sottoporre il subfornitore.

Operazione di verifica	Risultato
- Deve essere verificato l'impianto di frantumazione e vagliatura accertandone:	
. la validità tecnica	mediocre - buona - ottima
. lo stato generale di efficienza:	mediocre - buona - ottima
. la capacità complessiva di trattamento:	mc/h
- Deve essere verificato l'impianto di lavaggio accertandone:	
. la validità tecnica:	mediocre - buona - ottima
. lo stato di efficienza:	mediocre - buona - ottima
. la capacità complessiva di trattamento:	mc/h
mettendola a confronto con quella dell'impianto di frantumazione e vagliatura.	mc/h
- Deve essere accertata la disponibilità dell'acqua di lavaggio in relazione:	
. alla quantità:	scarsa - suff. - abbondante
. alla continuità:	incerta - certa
- Devono, in particolare, essere accertate le condizioni dei vagli, che potranno essere:	da sostituire – mediocri - buoni - ottimi
- Accertare che il materiale selezionato, corrisponda per ciascuna classe alle caratteristiche granulometriche di cui al Capitolato di Costruzione	rispond. non rispond.
- Verificare l'esistenza di setti di separazione tali da garantire che non vengano mescolate tra di loro diverse classi di inerti	SI NO
- Si deve accertare che sia garantita la esclusione di materiale terroso al momento del caricamento del materiale selezionato	SI NO

- Si deve accertare se vengono effettuati controlli sistematici per la verifica delle attendibilità delle granulometrie prodotte:	SI	NO
- Con quali cadenze?	Giornaliere - settimanali - mensili	
- Si deve verificare se esiste una registrazione dei controlli effettuati:	SI	NO
- Si deve accertare se l'impianto ha già effettuato prove presso laboratori ufficiali al fine di individuare le caratteristiche fisico-chimiche degli inerti prodotti:	SI	NO
- Si deve verificare se l'impianto è dotato di una officina tale da garantire la continuità di efficienza degli impianti	SI	NO
- Ed inoltre, se l'officina è dotata di una congrua scorta di ricambi tali da assicurare il pronto ripristino delle parti di impianto che si dovessero deteriorare	scarsa - suffic. -abbond.	

8.36 PROCEDIMENTO DI TARATURA DELLA CENTRALE DI BETONAGGIO

SCOPO

La presente procedura ha lo scopo di fornire tutti gli elementi per poter effettuare, e controllare in corso d'esercizio, la taratura delle apparecchiature di pesatura della Centrale di Betonaggio che verrà utilizzata dall'Appaltatore.

La presente procedura dovrà essere adattata, in funzione del livello, al tipo di Centrale che sarà effettivamente prescelto dall'Appaltatore.

MODALITA' OPERATIVE

Per tutte le operazioni di verifica di seguito dettagliate si utilizzeranno pesi campione opportunamente identificati e certificati.

Per il controllo di taratura di ciascuna bilancia si esegue un ciclo di carico e scarico, durante il quale si effettuano le seguenti verifiche:

- controllo dello zero della bilancia prima e dopo ogni ciclo;
- controllo della taratura facendo effettuare delle pesate ad intervalli di 1/10 del fondo scala (F) della bilancia, nell'intervallo compreso tra lo zero e F.
- esecuzione, per il campo di maggior utilizzo di ciascuna bilancia, di pesate ad intervalli fissati come segue:

Inerti	F/50
Cemento	F/25
Acqua	F/25
Additivi	F/100

I limiti di accettabilità degli errori saranno i seguenti:

Cemento	2%
Acqua	2%
Additivi	2%
Inerti	3%

Si redigerà un verbale di controllo della taratura dell'impianto a cui si allegheranno le suddette schede di taratura di ogni singola bilancia.

Tutte le bilance tarate dovranno avere applicato un cartellino riportante la data di taratura e la sca-denza.

8.37 RIFERIMENTI NORMATIVI

a) Strutture

D.M. 14.01.2008

Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" (NTC2008)

Legge 5 novembre 1971, n. 1086

Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale precompresso ed a struttura metallica.

Circolare Min. LL.PP. 31 luglio 1979, n. 19581

Legge 5/11/1971 n. 1086, art. 7 Collaudo statico.

Circolare Min. LL.PP. 23 ottobre 1979, n. 19777

Competenza amministrativa - Legge 5/11/1971 n. 1086, Legge 2/2/1974, n° 64.

Circolare Ministero Lavori Pubblici 1 settembre 1987, n. 29010

Legge 5 novembre 1971, n. 1086 - Decreto Ministeriale 27 luglio 1985, Controllo dei materiali in genere e degli acciai per cemento armato normale in particolare.

Circolare Min. LL.PP. 16 luglio 1992, n. 36105 - Legge 5/11/1971 n. 1086 - D.M. 14/2/1992 - Acciai per cemento armato e da carpenteria.

Decreto Ministeriale 9 gennaio 1996

Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato, nor-male e precompresso e per le strutture metalliche.

Circolare Min. LL.PP. 15 ottobre 1996 n. 252 AA.GG./STC

Linee Guida per il calcestruzzo strutturale

Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici

b) Sismica

D.M. 14.01.2008

Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" (NTC2008)

c) Prefabbricati

D.M. 14.01.2008

Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" (NTC2008)

d) Varie

DPR 12 agosto 1982 n. 802

Attuazione della direttiva (CEE) n. 80/181 relativa alle unità di misura.

CNR - UNI 10003 - Sistema di unità di misura (S.I.)

Circolare Min. LL.PP. 29 ottobre 1987, n. 29233

Legge 5 novembre 1971, n. 1086, art. 20 - Autorizzazioni laboratori per prove sui materiali.

D.M. 20 novembre 1987

Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento.

DPR 21 aprile 1993 n. 246

Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione.

Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari

Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo - Ferrovie S.p.A. - Edizione 2 giugno 1995.

PRESCRIZIONI E METODOLOGIE DI PROVA DELLE MATERIE PRIME IMPIEGATE NEL CALCESTRUZZO

a)LEGANTI

a1) Cementi

D.M. 14.01.2008

Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" (NTC2008)

Legge 26 maggio 1965 n. 595

Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici.

Decreto Ministeriale 13 settembre 1993 - G.U. 22/9/93

Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi.

Decreto Ministeriale 31 agosto 1972

Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calci idrauliche.

Decreto Ministeriale 9 marzo 1988, n. 126

Regolamento del servizio di controllo e certificazione di qualità dei cementi.

E07.02.011.0 Cementi a ridotto calore di idratazione - Classificazioni e limiti (progetto in in-chiesta pubblica)

UNI 7208 Determinazione del calore di idratazione col metodo per soluzione

UNI 9156 Cementi resistenti ai solfati - classificazione e composizione e f.a. 262 dell'11/88

UNI 9606 Cementi resistenti al dilavamento - Classificazione e composizione

UNI 9607 Cementi resistenti ai solfati - Metodi di controllo della composizione

Parte 1a - Preparazione del campione per l'analisi chimica

Parte 2a - Determinazione dell'alluminato tricalcico (C3A) e alluminato ferrito tetracalcico (C4AF) contenuti nei cementi portland

Parte 3a - Determinazione dell'alluminato tricalcico (C3A) contenuto nei cementi pozzolanici

Parte 4a - Determinazione della loppa e dell'alluminato tricalcico (C3A) contenuto nei cementi d'altoforno

UNI 9943 Cementi resistenti al dilavamento - Metodi di controllo della

composizione

Parte 1a - Preparazione del campione per l'analisi chimica

Parte 2a - Determinazione del silicato tricalcico (C3S)

Parte 3a - Saggio di pozzolanicità a 8 giorni sui cementi pozzolanici

Parte 4a - Determinazione del contenuto di loppa nei cementi d'altoforno

UNI ENV 196 Metodi di prova dei cementi

Parte 1a - Determinazione delle resistenze meccaniche

Parte 2a - Analisi chimica dei cementi

Parte 3a - Determinazione del tempo di presa e della stabilità

Parte 4a - Determinazione quantitativa dei componenti

Parte 5a - Prova di pozzolanicità dei cementi pozzolanici

Parte 6a - Determinazione della finezza

Parte 7a - Metodi di prelievo e di campionatura del cemento

Parte 21a - Determinazione del contenuto di cloruri, anidride carbonica e alcali nel cemento

UNI ENV 197/1 Cemento - Composizione, specifiche e Criteri di conformità

a2) Calci aeree

D.M. 14.01.2008

Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" (NTC2008)

UNI 10319 Calci aeree - Terminologia

UNI 10320 Calce aerea per uso chimico - Determinazione del contenuto di calce disponibile

UNI 10321 Calce aerea per uso chimico - Determinazione della reattivitá mediante spegnimento in acqua.

a3) Gessi

D.M. 14.01.2008

Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" (NTC2008)

UNI 5371 Pietra di gesso per la fabbricazione dei leganti - Classificazione, prescrizioni e prove

UNI 8376 Leganti a base di solfato di calcio - Definizione e classificazione

UNI 8377 Leganti a base di solfato di calcio per l'edilizia - Gessi per intonaco (scagliola) - Requisiti e prove

b) Acqua

D.M. 14.01.2008

Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" (NTC2008)

UNI EN1008 Acqua per calcestruzzo

c) Aggregati

D.M. 14.01.2008

Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" (NTC2008)

UNI 8520 - Aggregati per confezione di calcestruzzi

Parte 1a Definizione, classificazione e caratteristiche

Parte 2a Limiti di accettazione

Parte 3a Campionamento
Parte 4a Esame petrografico
Parte 5a Analisi gronulometrica
Parte 6a Determinazione della massa volumica apparente
Parte 7a Determinazione del passante allo staccio 0,075
Parte 8a Determinazione del contenuto di grumi di argilla e particelle friabili
Parte 9a Determinazione del contenuto di particelle leggere e frustoli vegetali
Parte 10a Determinazione della degradabilità mediante solfati
Parte 11a Determinazione del contenuto di solfati
Parte 12a Determinazione del contenuto di cloruri solubili in acqua
Parte 13a Determinazione della massa volumica e dell'assorbimento degli aggregati fini
Parte 14a Determinazione colorimetrica del contenuto di sostanze organiche negli aggregati fini
Parte 15a Determinazione dell'equivalente in sabbia e del fattore di blu negli aggregati fini
Parte 16a Determinazione della massa volumica e dell'assorbimento degli aggregati grossi (metodi della pesata idrostatica e del cilindro)
Parte 17a Determinazione della resistenza a compressione degli aggregati grossi
Parte 18a Determinazione dei coefficienti di forma e di appiattimento
Parte 19a Determinazione della perdita di massa degli aggregati grossi
Parte 20a Determinazione della sensibilità al gelo e disgelo degli aggregati grossi
Parte 21a Confronto con calcestruzzo con aggregati di caratteristiche note
Parte 22a Determinazione della potenziale reattività degli aggregati in presenza di alcali

UNI 7549 - Aggregati leggeri
Parte 1a - Definizione, classificazione e pezzatura
Parte 2a - Identificazione visuale degli scisti e delle argille espanse
Parte 3a - Analisi granulometrica
Parte 4a Determinazione della massa volumica del materiale in mucchio
Parte 5a - Determinazione della massa volumica media del granulo
Parte 6a - Determinazione del coefficiente di imbibizione
Parte 7a - Determinazione della resistenza dei granuli allo

schiacciamento

Parte 8a - Determinazione del potere macchiante

Parte 9a - Determinazione della perdita al fuoco

Parte 10a - Determinazione della resistenza al gelo

Parte 11a - Determinazione della stabilità al trattamento a vapore

Parte 12a Valutazione delle proprietà mediante prove su calcestruzzo convenzionale

d) Additivi per impasti cementizi

UNI 7101 Definizione e classificazione

UNI 7102 Additivi fluidificanti - Idoneità e relativi metodi di controllo

UNI 7103 Additivi aeranti - Idoneità e relativi metodi di controllo

UNI 7104 Additivi ritardanti - Idoneità e relativi metodi di controllo

UNI 7105 Additivi acceleranti - Idoneità e relativi metodi di controllo

UNI 7106 Additivi fluidificanti-aeranti - Idoneità e relativi metodi di controllo

UNI 7107 Additivi fluidificanti-ritardanti - Idoneità e relativi metodi di controllo

UNI 7108 Additivi fluidificanti-acceleranti. Idoneità e relativi metodi di controllo

UNI 7109 Additivi antigelo. Idoneità e relativi metodi di controllo

UNI 7110 Determinazione della solubilità in acqua distillata ed in acqua satura di calce

UNI 7111 Determinazione del tenore di sostanza secca

UNI 7112 Determinazione delle sostanze zuccherine riducenti

UNI 7114 Determinazione del potere schiumogeno degli additivi aeranti e fluidifican-ti ae-ranti

UNI 7115 Determinazione della densità degli additivi liquidi o in soluzione

UNI 7116 Determinazione dell'alcalinità totale

UNI 7117 Determinazione della tensione superficiale di soluzioni contenenti additivi

UNI 7118 Determinazione della concentrazione idrogenionica (pH) di soluzioni contenenti additivi

UNI 7119 Determinazione del cloro

UNI 7120 Determinazione dei tempi di inizio e fine presa delle paste cementizie contenenti additivi antigelo

UNI 8145 Additivi superfluidificanti - Idoneità e relativi metodi di controllo

e) Aggiunte

UNI EN 450 Ceneri volanti per calcestruzzo - Definizioni, requisiti e controllo di qualità

UNI EN 451/1 Metodo di prova delle ceneri volanti - Determinazione del contenuto di ossido di calcio libero

UNI EN 451/2 Metodo di prova delle ceneri volanti - Determinazione della finezza con stacciatura umida

f) Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi

UNI 8146 Idoneità e relativi metodi di controllo

UNI 8147 Determinazione dell'espansione contrastata della malta contenente l'agente espansivo

UNI 8148 Determinazione dell'espansione contrastata del calcestruzzo contenente l'agente espansivo

UNI 8149 Determinazione della massa volumica

g) Prodotti disarmanti per calcestruzzi

UNI 8866 Prodotti disarmanti per calcestruzzi

Parte 1a - Definizione e classificazione

Parte 2a - Prova dell'effetto disarmante alla temperatura di 20 e 80°C. su superfici di acciaio o di legno trattato

h) Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione

UNI 8656 Classificazione e requisiti

UNI 8657 Determinazione della ritenzione d'acqua

UNI 8658 Determinazione del tempo di essicamento

UNI 8659 Determinazione del fattore di riflessione dei prodotti filmogeni pigmentati di bianco

UNI 8660 Determinazione dell'influenza esercitata dai prodotti filmogeni sulla resistenza all'abrasione del calcestruzzo

METODOLOGIE DI PROVA PER MALTE CEMENTIZIE

3a) Malte normali

UNI 6009 Stampo per la preparazione providi da 4 x 4 x 16 cm di malta plastica - Com-plessivo e parti componenti

UNI 6010 Stampo, copristampo e cuscinetto per la preparazione provini di malta buttata per prove di resistenza a compressione

UNI 6011 Stampo, copristampo e cuscinetto per la preparazione provini di malta buttata per prove di resistenza a trazione

UNI 6687 Determinazione del ritiro idraulico

UNI 7044 Determinazione della consistenza mediante l'impiego della tavola a scosse

UNI 7121 Determinazione del contenuto d'aria

UNI 7927 Determinazione della resistenza alla penetrazione e dei tempi di inizio e fine presa

3b) Malte e malte espansive per ancoraggi

UNI 8993 Definizione e classificazione

UNI 8994 Controllo di idoneità

UNI 8995 Determinazione della massa volumica della malta fresca

UNI 8996 Determinazione dell'espansione libera in fase plastica

UNI 8997 Determinazione della consistenza mediante canaletta su malte superfluide

UNI 8998 Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata

METODOLOGIE DI PROVA PER CALCESTRUZZI

UNI 9858 Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità (sostituisce UNI 7163) - (Concordata parzialmente con UNI ENV 206)

UNI ENV 206 Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità (disapprovata dall'Italia - adozione in lingua originale inglese)

E07.00.129.0 Calcestruzzo rinforzato con fibre metalliche - Definizione, caratteristiche e me-todi di controllo (contiene anche calcestruzzi proiettati)

a) Calcestruzzo fresco

UNI 6126 Prelevamento di campioni in cantiere

UNI 6127 Preparazione e stagionatura dei provini di calcestruzzo

UNI 6128 Confezione in laboratorio di calcestruzzi sperimentali

UNI 6393 Controllo della composizione del calcestruzzo fresco

UNI 6394/1 Determinazione della massa volumica su cls fresco

UNI 6395 Determinazione volumetrica per pressione del contenuto d'aria

UNI 6555 Determinazione del ritiro idraulico su calcestruzzi confezionati con inerti della dimensione massima fino a 30 mm

UNI 7086 Determinazione del ritiro idraulico su calcestruzzi confezionati con inerti con dimensione massima oltre 30 mm

UNI 7122 Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata

UNI 7123 Determinazione dei tempi di inizio e fine presa mediante la misura della resistenza alla penetrazione

UNI 8020 Determinazione della consistenza del calcestruzzo fresco mediante

l'impiego della tavola a scosse

UNI 9416 Criteri generali di campionamento

UNI 9417 Classificazione della consistenza

UNI 9418 Determinazione della consistenza-Prova di abbassamento al cono-slump

UNI 9419 Determinazione della consistenza - Prova Vèbè

UNI 9420 Determinazione della consistenza - Indice di compattabilità

b) Calcestruzzo indurito

UNI 6130 Provini in calcestruzzo per prove di resistenza meccanica

Parte 1a Forme e dimensioni dei provini

Parte 2a Casseforme per il confezionamento dei provini

UNI 6131 Prelevamento campioni di calcestruzzo indurito

UNI 6132 Prove di resistenza alla compressione

UNI 6133 Prove di resistenza alla flessione

UNI 6134 Prove di resistenza alla compressione su monconi di provini rotti per flessione

UNI 6135 Prove di resistenza alla trazione

UNI 6394/2 Determinazione della massa volumica sul cls indurito

UNI 6505 Determinazione del contenuto di cemento (metodo Florentin)

UNI 6555 Determinazione del ritiro idraulico su calcestruzzi confezionati con inerti della dimensione massima fino a 30 mm

UNI 6556 Determinazione del modulo elastico secante a compressione

UNI 7087 Determinazione della resistenza alla degradazione per cicli di gelo e disgelo

UNI 7548/1 Calcestruzzo leggero - Definizione e classificazione

UNI 7548/2 Calcestruzzo leggero - Determinazione della massa volumica

UNI 7699 Determinazione dell'assorbimento d'acqua alla pressione atmosferica

E07.04.113.0 Calcestruzzo indurito - Determinazione della profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione (Progetto in inchiesta pubblica) (Sostituisce UNI 7928 e UNI 8019)

UNI 9189 Determinazione dell'indice sclerometrico

UNI 9502 Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costrut-tivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso

UNI 9524 Calcestruzzo indurito - Rilievi microsismici mediante impulsi d'onde vibrazionali ad alta frequenza, in campioni o strutture di calcestruzzo semplice, armato o precompresso

UNI 9525 Calcestruzzo - Determinazione dell'assorbimento di acqua per immersione sotto vuoto

UNI 9526 Calcestruzzo - Determinazione dell'assorbimento di acqua per capillarità

UNI 9536 Calcestruzzo indurito - Determinazione della forza di estrazione con inserti preinglobati nel getto

UNI 9771 Calcestruzzo indurito - Determinazione della frequenza fondamentale di riso-nanza flessionale, estensionale e torsionale

UNI 10157 Determinazione della forza di estrazione mediante inserti post-inseriti a estra-zione geometrica e forzata

CNR-UNI Prove di aderenza su barre di acciaio ad aderenza migliorata

10020

c) Corrosione e protezione dell'armatura

UNI 9535 Corrosione e protezione dell'armatura del calcestruzzo - Determinazione del po-tenziale dei ferri di armatura

UNI 9747 Corrosione delle armature del calcestruzzo in condizioni di aggressione - Metodi di intervento e prevenzione

UNI 9944 Corrosione e protezione dell'armatura del calcestruzzo - Determinazione della profondità di carbonatazione e del profilo di penetrazione degli ioni cloro nel calcestruzzo

UNI 10174 Istruzione per l'ispezione delle strutture di cemento armato esposte all'atmosfera mediante mappatura di potenziale.

UNI 10322 Corrosione delle armature delle strutture di calcestruzzo - Metodo per la deter-minazione del grado di protezione del calcestruzzo nei confronti dell'armatura

d) Macchine per prove di compressione su materiali da costruzione

UNI 6686-1 Definizione, requisiti meccanici e funzionali - Classificazione

UNI 6686-2 Verifiche di taratura

UNI 6686-3 Verifica di comportamento in fase di carico

DURABILITA' DELLE OPERE E MANUFATTI DI CALCESTRUZZO

UNI 8981 Durabilità delle opere e manufatti di calcestruzzo

Parte 1a - Definizioni ed elenco delle azioni aggressive

Parte 2a - Istruzioni per migliorare la resistenza ai solfati

Parte 3a - Istruzioni per migliorare la resistenza alle acque dilavanti

Parte 4a - Istruzioni per migliorare la resistenza al gelo e disgelo

Parte 5a - Istruzioni per migliorare la resistenza alla corrosione delle armature

Parte 6a - Istruzioni per migliorare la resistenza all'acqua di mare

Parte 7a - Istruzioni per la progettazione, la confezione e messa in opera del calcestruzzo

Parte 8a - Istruzioni per migliorare la resistenza alla reazione alcali- aggregati (In preparazione)

PRODOTTI AUSILIARI PER IMPASTI CEMENTIZI A BASE DI POLIMERI ORGANICI

UNI 9527 Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici - Definizione e classificazione

UNI 9528 Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici - Metodi di controllo

UNI 9529 Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici - Determina-zione della perdita di massa a 105°C dei prodotti in polvere

UNI 9530 Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici - Determina-zione del numero di saponificazione dei polimeri organici in dispersione acquosa e ridisperdibili in polvere

UNI 9531 Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici - Determina-zione del residuo su tela 0,040 (UNI 2331) delle emulsioni e delle dispersioni

UNI 9532 Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici - Determina-zione della resistenza allo strappo dei provini compositi

UNI 9533 Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici -

RACCOMANDAZIONI PER CALCESTRUZZI SPECIALI

Calcestruzzi vibrati fibro-rinforzati

AICAP Raccomandazioni tecniche per l'impiego del ferrocemento (1984)

AICAP Raccomandazioni tecniche per l'impiego del conglomerato cementizio rinforzato con fibre metalliche (aggiornamento 1990)

AICAP Raccomandazioni tecniche per l'impiego del conglomerato cementizio rinforzato con fibre di polietilene, o di polipropilene, o di poliacrilonitrile, o di poliammide (nylon) (1992)

UNI (In preparazione) - Calcestruzzo rinforzato con fibre metalliche.

Calcestruzzi impregnati con polimeri

AICAP Raccomandazioni tecniche per l'impiego del conglomerato cementizio impregnato con polimeri (aggiornamento 1992)

STRUMENTI DOSATORI

DPR 12 novembre 1958 n° 1213 (G.U. 28 gennaio, n° 22)

Modificazioni ed aggiunte al regolamento per la fabbricazione dei pesi, delle misure e degli strumenti per pesare e misurare - approvato con R.D. 12 giugno 1902, n° 226

D.M. 5 settembre 1969 (G.U. 27 settembre, n° 246)

Norme per l'ammissione alla verificazione metrica ed alla legalizzazione degli strumenti per pesare di tipo speciale, a funzionamento automatico e non, genericamente denominati "bilance per centrali di betonaggio", destinati ad essere inseriti in apparecchiature per la fabbricazione del calcestruzzo

D.M. 25 giugno 1984 (G.U. 30 giugno, n° 179)

Disposizione sugli strumenti per pesare a funzionamento non automatico

PIANI DI CAMPIONAMENTO E CRITERI DI CONFORMITA'

UNI CEI EN 45011 Criteri generali per gli organismi di certificazione dei prodotti

UNI CEI EN 45014 Criteri generali per la dichiarazione di conformità rilasciata dal fornitore

9 MICROPALI

Le tecniche di perforazione dovranno essere le più idonee in relazione alla natura dei terreno attraversato. In particolare dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad evitare il franamento delle pareti del foro, la contaminazione delle armature, l'interruzione e/o l'inglobamento di terreno nella guaina cementizia che solidarizza l'armatura al terreno circostante.

Di norma le perforazioni saranno quindi eseguite in presenza di rivestimento, con circolazione di fluidi di perforazione per l'allontanamento dei detriti e per il raffreddamento dell'utensile.

I fluidi di perforazione potranno consistere in:

- acqua
- fanghi bentonitici
- schiuma
- aria, nel caso di perforazione a rotopercussione con martello a fondo foro, o in altri casi approvati dalla DIREZIONE LAVORI.

Previa comunicazione alla DIREZIONE LAVORI potrà essere adottato la perforazione senza rivestimenti, con impiego di fanghi bentonitici.

La perforazione “a secco”, senza rivestimento non è di norma ammessa; potrà essere adottata, previa comunicazione alla DIREZIONE LAVORI, solo in terreni fortemente cementati o argillosi, caratterizzati da valori della coesione non drenata che alla generica profondità di scavo H soddisfino la seguente condizione:

$cu > \gamma H/3$

dove:

γ = peso di volume totale; per i terreni fortemente cementati il valore della coesione sarà' determinato con prova di compressione semplice

La perforazione “a secco” e ammissibile solo dove possa essere eseguita senza alcun ingresso di acqua nel foro.

La perforazione a rotazione a secco, o con impiego di aria è invece raccomandata in terreni argillosi sovra-consolidati.

Nel caso di impiego della rotopercussione, sia mediante martello a fondo foro che mediante dispositivi di battuta applicati alla testa di rotazione (tipo Sistema KLEMM), L'APPALTATORE dovrà assicurare il rispetto delle norme DIN 4150 (parte I e II, 1975; parte IV, 1986), in merito ai limiti delle vibrazioni.

In caso contrario per modalità di impiego della rotopercussione ed i necessari provvedimenti dovranno essere comunicati alla DIREZIONE LAVORI.

La DIREZIONE LAVORI, a sua discrezione, potrà richiedere all'APPALTATORE di eseguire misure di controllo delle vibrazioni indotte, con oneri e spese a carico del medesimo APPALTATORE.

9.1 PROVE PRELIMINARI

La tipologia delle attrezzature ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere comunicati dall'APPALTATORE alla DIREZIONE LAVORI.

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

9.2 TOLLERANZE

I micropali dovranno essere realizzati nella posizione e con le dimensioni di progetto, con le seguenti tolle-ranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto:

- coordinate planimetriche del centro del micropalo: ± 2 cm
- scostamento dell'inclinazione dall'asse teorico: ± 2 %
- lunghezza: ±15cm
- diametro finito: ± 5%
- quota testa micropalo: ±5 cm.

9.3 MATERIALI

I micropali costruiti dovranno essere armati per tutta la lunghezza con acciaio S355J OH+N UNI 10210.

9.3.1 Tubi in acciaio

E' prescritto l'impiego di tubi aventi caratteristiche geometriche e qualità dell'acciaio conformi a quanto indicato nei disegni di progetto.

I tubi dovranno essere del tipo senza saldature, con giunzioni a mezzo di manicotto filettato esterno. Le caratteristiche delle giunzioni (filettatura, lunghezza, sezioni utili) dovranno consentire una trazione ammissibile pari almeno all'80% carico ammissibile a compressione. L'APPALTATORE dovrà eseguire un prelievo di tubazione giuntata, per fornitura omogenea, in modo da poter effettuare le prove di verifica a trazione.

Le valvole di iniezione, ove previste, saranno del tipo a "manchette", ovvero costituite da una guarnizione in gomma, tenuta in sede da due anelli metallici saldati esternamente al tubo, sul quale, in corrispondenza di ciascuna valvola, sono praticati almeno 2 fori ∅ 8 mm.

9.3.2 Profilati in acciaio

Le caratteristiche geometriche e meccaniche dei profilati dovranno essere conformi a quanto pre-scritto nei disegni di progetto.

Di norma i profilati dovranno essere costituiti da elementi unici. Saranno ammesse giunzioni salda-te, realizzate con l'impiego di adeguati fazzoletti laterali, nel caso di lunghezze superiori ai valori degli standard commerciali (12÷14m).

Le saldature saranno dimensionate ed eseguite in conformità alle norme citate al punto 2.

La DIREZIONE LAVORI si riserva la facoltà di richiedere che il saldatore abbia la qualifica a norma UNI 4634.

9.3.3 Malte e miscele cementizie di iniezione

Cementi

Il cemento da impiegare dovrà essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali considerando, in particolare, l'aggressività dell'ambiente esterno secondo quanto prescritto nella sez. Opere in Conglomerato Cementizio.

Inerti

Gli inerti saranno di norma utilizzati solo per il confezionamento di malte da utilizzare per il getto dei micropali a semplice cementazione.

In relazione alle prescrizioni di progetto l'inerte sarà costituito da sabbie fini,

polveri di quarzo, polveri di calcare, o ceneri volanti.

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

Acqua di impasto

Si utilizzerà acqua chiara di cantiere, dolce, le cui caratteristiche chimico-fisiche dovranno soddisfare i requisiti di cui alla Sez. Opere in Conglomerato cementizio.

Additivi

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

Preparazione delle malte e delle miscele cementizie

Caratteristiche di resistenza e dosaggi

Di norma la resistenza cubica da ottenere per le malte e per le miscele cementizie di iniezione deve essere:

$Rck \geq 30$ MPa

A questo scopo si prescrive che il dosaggio in peso dei componenti sia tale da soddisfare un rapporto acqua/cemento:

$a/c \leq 0.5$

Composizione delle miscele cementizie

La composizione delle miscele di iniezione, riferita ad 1 mc di prodotto,

dovrà essere la seguente:

acqua: 5,4 kN

cemento: 12 kN

additivi: 0,1÷0,2 kN

con un peso specifico pari a circa:

$\gamma = 18$ kNt/m3

Composizione delle malte cementizie

Nella definizione della formula delle malte, prevedendo un efficace miscelazione dei componenti atta a ridurre la porosità dell'impasto, si può fare riferimento al seguente dosaggio minimo, riferito ad 1 mc di prodotto finito:

acqua: 2,7 kN

cemento: 6 kN

additivi: 0,05÷0,01 kN

inerti: 11÷13 kN

Impianti di preparazione

Le miscele saranno confezionate utilizzando impianti a funzionamento automatico o semi-automatico, costituiti dai seguenti principali componenti:

- bilance elettroniche per componenti solidi
- vasca volumetrica per acqua
- mescolatore primario ad elevata turbolenza (min. 1500 giri/min.)
- vasca di agitazione secondaria e dosatori volumetrici, per le miscele cementizie
- mixer per le malte.
- Controlli su miscele e malte cementizie

La tipologia e la frequenza dei controlli da eseguire è indicata sulla Specifica di Controllo Qualità.

9.4 MODALITÀ ESECUTIVE

9.4.1 Micropali a iniezioni multiple selettive

Perforazione

La perforazione sarà eseguita mediante sonda a rotazione o rotopercussione, con rivestimento continuo e circolazione di fluidi, fino a raggiungere la profondità di progetto.

Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoni con portate e pressioni adeguate. Si richiedono valori minimi di 200 l/min. e 25 bar, rispettivamente.

Nel caso di perforazione a rotopercussione con martello a fondo foro si utilizzeranno compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:

- portata > l0 m3 /min
- pressione 8 bar.

Allestimento del micropalo

Completata la perforazione si provvederà a rimuovere i detriti presenti nel foro, o in sospensione nel fluido di perforazione, prolungando La circolazione dei fluido stesso fino alla sua completa chiarificazione.

Si provvederà quindi ad inserire l'armatura tubolare valvolata, munita di centratori, fino a raggiungere la profondità di progetto.

Sono preferibili i centratori non metallici. Il tubo dovrà essere prolungato fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezione.

Di norma si procederà immediatamente alla cementazione del micropalo (guaina); la messa in opera delle armature di frettaggio, ove previste, sarà eseguita successivamente all'iniezione.

Iniezione

La solidarizzazione dell'armatura al terreno verrà eseguita in due o più fasi, come di seguito specificato. Si utilizzerà una miscela cementizia conforme a quanto richiesto nel punto 9.3.3.

Formazione della guaina

Non appena completata la messa in opera del tubo valvolato di armatura, si provvederà immedia-tamente alla formazione della guaina cementizia, iniettando attraverso la valvola più profonda un quantitativo di miscela sufficiente a riempire l'intercapedine tra le pareti del foro e l'armatura tubolare. Contemporaneamente si procederà alla estrazione dei rivestimenti provvisori, quando utilizzati, e si effettueranno i necessari rabbocchi di miscela cementizia. Completata l'iniezione di guaina si provvederà a lavare con acqua il cavo interno dei tubo di armatura.

Iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati

Trascorso un periodo di 12 - 24 ore dalla formazione della guaina, si darà luogo alla esecu-zione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio.

Si procederà valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta col-legato al circuito di iniezione.

La massima pressione di apertura delle valvole non dovrà superare il limite di 60 bar; in caso contrario la valvola potrà essere abbandonata.

Ottenuta l'apertura della valvola, si darà luogo all'iniezione in pressione fino ad ottenere i va-lori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti in progetto. Per pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito.

L'iniezione dovrà essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min, e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evi-tare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage).

I volumi di iniezione saranno di norma non inferiori a tre volte il volume teorico del foro, e comunque conformi alle prescrizioni di progetto.

Nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione di rifiuto, la valvola sarà nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12 - 24 ore.

Fino a quando le operazioni di iniezione non saranno concluse, al termine di ogni fase occor-rerà procedere al lavaggio interno del tubo d'armatura.

Caratteristiche degli iniettori

Per eseguire l'iniezione si utilizzeranno delle pompe oleodinamiche a pistoni, a bassa velocità, aventi le seguenti caratteristiche minime:

- pressione max di iniezione : ≅ l00 bar
- portata max : ≅ 2 m3/ora

- n. max pistonate/minuto : ≅ 60.

Le caratteristiche delle attrezzature utilizzate dovranno essere comunicate alla DIREZIONE LAVORI, specificando in particolare alesaggio e corsa dei pistoni.

Controlli e documentazione

Per ogni micropalo eseguito l'APPALTATORE dovrà fornire una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- n. del micropalo e data di esecuzione (con riferimento ad una planimetria)
- lunghezza della perforazione
- modalità di esecuzione della perforazione:
  - utensile7
  - fluido
  - rivestimenti
- caratteristiche dell'armatura
- volume dell'iniezione di guaina
- tabelle delle iniezioni selettive indicanti per ogni valvola e per ogni fase:
  - data
  - pressioni di apertura
  - volumi di assorbimento
  - pressioni raggiunte
- caratteristiche della miscela utilizzata: composizione
  - peso specifico
  - viscosità Marsh
  - rendimento volumetrico o decantazione
  - dati di identificazione dei campioni prelevati per le successive prove di compressione a rottura.

9.4.2 Micropali a semplice cementazione

Perforazione

Nella conduzione della perforazione ci si atterrà alle prescrizioni di cui al punto 9.4.1.

Allestimento del micropalo

Completata la perforazione e rimossi i detriti, in accordo alle prescrizioni cui al punto 9.4.1, si provvederà ad inserire entro il foro l'armatura, che dovrà essere conforme ai dise-gni di progetto.

Cementazione

Riempimento a gravità

Il riempimento del foro, dopo la posa delle armature, dovrà avvenire tramite un tubo di alimentazione disceso fino a 10-15 cm dal fondo, collegato alla pompa di mandata o agli iniettori.

Nel caso si adotti una miscela contenente inerti sabbiosi, ovvero con peso di volume superiore a quello degli eventuali fanghi di perforazione, il tubo convogliatore sarà dotato superiormente di un imbuto o tramoggia di carico; si potrà anche procedere al getto attraverso l'armatura, se tubolare e di diametro interno > 80 mm.

Nel caso di malta con inerti fini o di miscela cementizia pura, senza inerti, si potrà usare per il getto l'armatura tubolare solo se di diametro interno inferiore a 50 mm; in caso diverso si dovrà ricorrere ad un tubo di convogliamento separato con un diametro contenuto entro i limiti sopracitati.

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

Riempimento a bassa pressione

Il foro dovrà essere interamente rivestito; la posa della malta o della miscela avverrà in un primo momento, entro il rivestimento provvisorio, tramite un tubo di convogliamento come descritto al paragrafo precedente. Successivamente si applicherà al rivestimento una idonea testa a tenuta alla quale si invierà aria in pressione (0.5 - 0.6 MPa) mentre si solleverà gradualmente il rivestimento fino alla sua prima giunzione. Si smonterà allora la sezione superiore del rivestimento e si applicherà la testa di pressione al tratto residuo di rivestimento, previo rabboccamento dall'alto per riportare a livello la malta.

Si procederà analogamente per le sezioni successive fino a completare l'estrazione del rivestimento.

In relazione alla natura del terreno potrà essere sconsigliabile applicare la pressione d'aria agli ultimi 5-6 m di rivestimento da estrarre, per evitare la fratturazione idraulica degli strati superficiali.

Controlli e documentazione

Per ogni micropalo eseguito l'APPALTATORE dovrà fornire una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- n. del micropalo e data di esecuzione (con riferimento ad una planimetria)
- lunghezza della perforazione
- modalità di esecuzione della perforazione:
  - utensile
  - fluido
  - rivestimenti
- caratteristiche dell'armatura
- volume della miscela o della malta
- caratteristiche della miscela o della malta (come da punto 9.3.3).

9.5 CONTROLLI IN FASE DI REALIZZAZIONE

Controlli preliminari

Prima dell'inizio della posa in opera dei micropali l'APPALTATORE deve consegnare alla DIREZIONE LAVORI una documentazione che contenga inoltre:

- rilievi stratigrafici del terreno;
- una relazione con la quale, in base alle caratteristiche stratigrafiche del terreno attraversato si specifichino le modalità di perforazione ritenute più adatte;
- l'elenco e la specifica tecnica delle attrezzature da impiegare;
- i risultati di eventuali prove preliminari di perforazione eseguite con le stesse modalità ed attrezzature proposte;
- effettuazione di campo prove per taratura dei parametri geotecnici assunti a base del progetto, ove richiesto dal progettista e concordati con la DIREZIONE LAVORI.

La DIREZIONE LAVORI potrà chiedere prove integrative o modifiche alla suddetta proposta operativa.

Controlli in fase di realizzazione

a) Micropali cementati mediante iniezioni multiple selettive

Il Responsabile di C.Q. annoterà sul certificato allegato al P.C.Q. l'esito dei seguenti controlli:

- verifica che le apparecchiature di perforazione e di circolazione del fluido perforante siano quelle specificate nella presentazione fatta alla DIREZIONE LAVORI;
- controllo della pulizia del foro e del corretto posizionamento dell'armatura valvolata per l'iniezione, sia per quanto riguarda la sua centratura che per quanto riguarda il raggiungi-mento della profondità di progetto;
- verifica delle caratteristiche della miscela, mediante prove;
- verifica della immediata formatura della guaina cementizia subito dopo la immissione dell'armatura;
- verifica del tempo minimo di stagionatura della guaina (12 - 24 ore);
- verifica della pressione massima e delle portate d'iniezione;
- verifica dei volumi d'iniezione e della pressione di rifiuto, prescritta dal progetto.

A valle delle operazioni di getto il Responsabile di C.Q. dovrà redigere, per ogni micropalo, una scheda che contenga le seguenti informazioni:

- dati identificativi del palo rispetto alle planimetrie citate, con la data del getto;
- riferimenti alla qualifica dell'attrezzatura utilizzata e modalità di esecuzione della perfo-razione (utensile, fluido, rivestimento);
- lunghezza della perforazione;
- caratteristiche dell'armatura;
- volume dell'iniezione di guaina;
- tabella delle iniezioni selettive con l'indicazione per ogni valvola e per ogni fase di:
- data
- pressione di apertura,

- volumi di assorbimento,
- pressioni raggiunte.
- caratteristiche della miscela utilizzata come:
- composizione,
- peso specifico,
- viscosità MARSH,
- rendimento volumetrico o decantazione,
- dati di identificazione dei campioni del calcestruzzo prelevati per le successive prove di rottura a compressione.

b) Micropali a semplice cementazione

Il Responsabile di C.Q. annoterà sul certificato allegato al P.C.Q. l'esito dei seguenti controlli:

- verifica che le apparecchiature di perforazione e di circolazione del fluido perforante siano quelle specificate nella presentazione fatta alla DIREZIONE LAVORI;
- controllo della pulizia del foro e del corretto posizionamento dell'armatura valvolata per l'iniezione, sia per quanto riguarda la sua centratura che per quanto riguarda il raggiungi-mento della profondità di progetto;
- controllo del diametro dell'armatura tubolare.

Per il riempimento effettuato a gravità, in accordo alle prescrizioni del 9.4.2, si dovranno inoltre mettere in atto le seguenti attività:

- controllo del raggiungimento della corretta quota del tubo di alimentazione (10 ÷ 15 cm. dal fondo);
- controllo che l'armatura tubolare abbia un diametro inferiore a 50 mm. per iniezioni di malta con inerti fini o miscela cementizia pura;
- verifica del riempimento totale con effettuazione degli eventuali rabbocchi, se necessari.

Per il riempimento effettuato a bassa pressione, si dovranno invece mettere in atto le seguenti attività:

- verifica della completezza del riempimento entro il rivestimento provvisorio;
- verifica della corretta installazione della testa a tenuta;
- controllo della corretta pressione d'immissione dell'aria;
- controllo del riempimento totale.

Anche per questo tipo di micropali, a valle delle operazioni di getto il Responsabile di C.Q. dovrà redigere, per ogni micropalo, una scheda che contenga le seguenti informazioni:

- dati identificativi del palo rispetto alle planimetrie citate, con la data del getto;
- riferimenti al verbale relativo all'attrezzatura utilizzata e modalità di esecuzione della per-forazione (utensile, fluido, rivestimento);
- lunghezza della perforazione;
- caratteristiche dell'armatura;
- volume iniettato;
- caratteristiche della miscela utilizzata come:
- composizione,
- peso specifico,
- viscosità MARSH,
- rendimento volumetrico o decantazione,
- dati di identificazione dei campioni del calcestruzzo prelevati per le successive prove di rottura a compressione.

Tipologia e frequenza delle prove per la miscela di iniezione

Per ogni lotto, costituito da un medesimo impasto di miscela di iniezione, dovranno essere effettuate le seguenti prove:

composizione

peso specifico,

viscosità MARSH,

rendimento volumetrico o decantazione,

resistenza a compressione.

Le prove dovranno essere effettuate sul posto o in un laboratorio qualificato dall'APPALTATORE e approvato dalla DIREZIONE LAVORI, o in un Laboratorio Ufficiale, i certificati dovranno essere allegati al dossier di qualifica dell'opera.

9.6 CONTROLLI FINALI

Una serie di controlli è prevista per i pali e per i micropali già completati, prima della loro utilizzazione.

Questa serie di controlli è sostanzialmente di tre tipi:

- controlli di resistenza meccanica sotto carico, sia di tipo distruttivo che non distruttivo;
- controlli non distruttivi di integrità del palo mediante prove di ammettenza meccanica;
- controlli non distruttivi di integrità del palo mediante prove di controllo sonico

I tre tipi di controlli sono utilizzati per garantire che i lotti di pali in esame diano sufficienti garanzie di resi-stenza e rispetto delle performances richieste dal progettista.

Essi non possono peraltro essere utilizzati per tutti i tipi di palo, in quanto i controlli di tipo sonico possono essere eseguiti soltanto su pali di medio e grande diametro. L'esecuzione di tutte le prove previste e richie-denti particolari predisposizioni dei pali, in accordo al progetto, al Capitolato ed alla presente Specifica deb-bono essere tassativamente previste e programmate prima dell'inizio dei lavori di costruzione.

Esse dovranno essere riportate nei relativi P.C.Q. in accordo alle modalità e prescrizioni che seguono.

9.6.1 Prove di carico

Tutte le prove di carico sui pali saranno eseguite in accordo alle prescrizioni (preparazione del palo, strumentazione, piano di carico, entità del carico) specificate al punto **Error! Reference source not found.**, ed in accordo alle norme ASTM D 1143-81 "Standard Test Method for Piles under static axial compressive load".

Esse sono suddivise in due classi, in funzione del fatto che siano prove distruttive o no.

Prove a carico limite

a) Estensione delle prove

Questo tipo di prove tende ad accertare i limiti di carico che causano la rottura del sistema palo terreno o valori molto vicini a questi limiti.

Questo tipo di prove è quindi distruttivo e deve infatti essere effettuato su pali appositamente predisposti, all'esterno della palificata da collaudare. Essa è applicabile sia a micropali che a pali di medio e grande diametro.

L'APPALTATORE deve stabilire, in base a:

- tipo e diametro del palo,
- caratteristiche di omogeneità del terreno,
- affidabilità dell'opera,

il numero di pali da sottoporre a questo tipo di prova.

Egli dovrà comunicare alla DIREZIONE LAVORI numero e posizione planimetrica di questi pali all'atto della trasmissione del P.C.Q. relativo.

Il numero di pali da provare non potrà comunque essere inferiore ad uno per ogni diametro e per terreni equivalenti dal punto di vista geotecnico.

La DIREZIONE LAVORI deve approvare la proposta dell'APPALTATORE o modificarla, tenendo soprattutto conto dell'omogeneità dei terreni in cui installare il lotto di pali, rispetto a quelli in cui è stata già eseguita questa prova, per pali dello stesso diametro.

Il carico massimo da applicare nel corso della prova deve raggiungere il valore di 3 volte il carico di esercizio stabilito dal progettista.

b) Qualifica dei controlli

I controlli da effettuare sia prima che durante la prova sono gli stessi che saranno di seguito descritti per le prove di collaudo.

Prove di collaudo

a) Estensione delle prove

Anche questo tipo di prova, non distruttiva deve essere effettuata sia su micropali che su pali di medio e grande diametro.

Il carico di prova deve raggiungere, al massimo, il valore di 1,5 volte il carico di esercizio, per D < l00 cm e l,2 volte per D > 100cm.

L'APPALTATORE deve stabilire, in base a:

- tipo e diametro del palo
- caratteristiche di omogeneità del terreno
- affidabilità dell'opera

il numero di pali da sottoporre a questo tipo di prova.

L'APPALTATORE dovrà concordare con la DIREZIONE LAVORI numero, localizzazione e modalità di esecuzione della prova dei pali da sottoporre a collaudo, all'atto della trasmissione del P.C.Q. relativo.

Il numero di pali da provare non potrà comunque essere inferiore ad uno per ogni diametro e per terreni di tipo equivalenti dal punto di vista geotecnico e comunque deve essere almeno pari al 4 % del totale dei pali, con un minimo di N. 2 pali per opera.

L'APPALTATORE al termine dell'esecuzione dei pali proporrà i pali da sottoporre a prove di carico. La DIREZIONE LAVORI, tenendo soprattutto conto dell'omogeneità dei terreni in cui è installato il lotto di pali, e dei risultati delle prove a carico limite eseguite per pali dello stesso diametro, potrà accettare o modificare la scelta dei pali da sottoporre a prova di carico.

b) Qualifica dei controlli

Prima della prova il Responsabile di C.Q. dovrà verificare:

- preparazione della testa palo;
- corretta disposizione dei dispositivi per l'applicazione e la misura del carico.

All'atto della prova egli dovrà poi controllare:

- la corretta applicazione del carico, in accordo alla documentazione presentata ed approvata dalla DIREZIONE LAVORI.

Alla fine delle prove il responsabile di C.Q. dovrà redigere una scheda, da allegare al P.C.Q. che contenga, per ogni palo provato, i seguenti dati:

- dati identificativi del palo rispetto ad una planimetria;
- l'ora di esecuzione delle varie operazioni di prova;

- la temperatura riscontrata all'atto delle prove;
- il carico applicato;
- il tempo progressivo di applicazione del carico;
- le corrispondenti misurazioni di ogni comparatore.
- il dossier completo con tutte le tabelle complete tempo/carico/cedimento;

Pali strumentati

Quando richiesto dal progettista, si possono effettuare prove di carico assiale su pali opportunamente strumentati, per definire l'entità e la distribuzione del carico assiale e della curva di mobilitazione dell'attrito lungo il palo.

I pali strumentati saranno utilizzati solo per pali di grande e medio diametro. Sui pali strumentati saranno eseguite verifiche sulla corretta installazione della strumentazione, con le frequenze al punto **Error! Reference source not found.**..

Per ogni palo di questo tipo, oltre ai controlli di routine sopra indicati, dovrà essere redatta anche una scheda, del tipo di quella specificata, con tutte le misurazioni relative alla strumentazione installata, effettuate con le modalità di cui al punto **Error! Reference source not found.**.

9.6.2 Prove di controllo sonico

Le prove di controllo sonico consistono in:

- carotaggio sonico
- prove cross-hole.
- Carotaggio sonico

a) Descrizione della prova

Il metodo di misura consiste nella esecuzione di un carotaggio nel palo già eseguito e nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo circostante, seguendo un percorso parallelo all'asse del tubo.

La sonda sonica è composta da un elemento emettitore ed uno ricevitore, distanziati normalmente di 0,50 m in verticale

b) Frequenze di esecuzione

La Direzione Lavori potrà chiedere, a cura e spese dell'Appaltatore, l'esecuzione di carotaggi meccanici, verticali o comunque inclinati, per l'esecuzione di prove soniche in misura non superiore a 5 carotaggi ogni 100 pali o frazione. Nel caso di anomalie o risultati non soddi-sfacenti il numero di prove può essere aumentato a giudizio del DL. I fori eseguiti per i sud-detti carotaggi dovranno essere reintegrati con iniezioni di malta di cemento di adeguata densità e addizionata con additivo anti-ritiro in modo da ottenere la completa cementazione dei fori stessi.

c) Modalità di esecuzione

La sonda viene fatta scorrere all'interno del foro ad intervalli regolari di profondità, almeno ogni 5 cm; l'elemento emettitore genera un impulso che raggiunge il ricevitore dopo essersi propagato nel calcestruzzo.

Il risultato delle misure è una diagrafica a "densità variabile" che visualizza lo stato di integrità oppure la presenza di anomalie del calcestruzzo.

A giudizio della DIREZIONE LAVORI, in alternativa alla prova come sopra descritta, si potrà procedere a prove del tipo vibrazionale eseguite dalla testa del palo.

d) Documentazione della prova

L'esito delle prove sarà registrato in una apposita scheda in cui sarà indicato, per ogni palo:

- dati identificativi del palo rispetto ad una planimetria;
- l'ora di esecuzione delle varie operazioni di prova;
- la temperatura riscontrata all'atto delle prove;
- il tipo di sonda sonica impiegata;
- le misurazioni effettuate ad ogni avanzamento della sonda;
- il diagramma completo con tutte le misurazione in funzione degli avanzamenti;

Prove cross-hole

a) Descrizione della prova

Le misure di cross-hole (impulso su percorso orizzontale) sonico consistono nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo interposto tra tubi di misura.

Per l'esecuzione della prova e necessario aver predisposto almeno due tubi all'interno del palo prima dell'esecuzione del getto.

Utilizzando 3 tubi disposti ai vertici di un triangolo equilatero è possibile reiterare la prova e determinare con maggiore precisione le caratteristiche del getto.

b) Frequenza di esecuzione

L'appaltatore dovrà predisporre, secondo le indicazioni della DL e prima dell'esecuzione del getto, il 50% dei pali per l'effettuazione del controllo dell'esecuzione con il metodo "cross hole".

L'attrezzaggio dovrà essere eseguito mediante la predisposizione di almeno tre tubazioni metalliche a 120° preassemblate sull'armatura del palo, aventi diametro interno non inferiore ad 1 pollice e mezzo.

Il controllo dovrà riguardare 1/3 dei pali predisposti scelti dalla DL. Nel caso di anomalie o risultati non soddisfacenti il numero di prove può essere aumentato a giudizio del DL.

Prima dell'esecuzione della prova i tubi devono essere riempiti con acqua dolce.

c) Modalità di esecuzione

In uno dei fori predisposti viene introdotta la sonda emettitrice, nell'altro quella ricevente. Le due sonde vengono contemporaneamente fatte scorrere all'interno dei due tubi; ad intervalli regolari di profondità la sonda emettitrice genera un impulso sonico che raggiunge l'altra sonda dopo aver attraversato il calcestruzzo. L'esito delle prove sarà registrato con strumentazioni digitali.

d) Documentazione della prova

La documentazione da emettere è analoga a quella dei carotaggi sonici e consiste in una scheda con la stessa tipologia di dati sopra elencati, ma riferiti alla strumentazione e tipo di registrazione applicabile.

9.6.3 Prove di ammettenza meccanica

Le prove di ammettenza meccanica (transient dynamic response test) costituiscono un metodo rapido di accertamento dell'integrità del palo.

I pali soggetti a prova di carico assiale possono essere sottoposti anche a prova di ammettenza meccanica, su richiesta della DIREZIONE LAVORI.

La correlazione dei risultati delle due prove potrà consentire di valutare anche la capacità portante dei pali non soggetti a prova di carico assiale sui quali venga eseguita la prova di ammettenza meccanica.

a) Modalità di esecuzione

La prova viene effettuata colpendo la testa del palo con un piccolo martello contenente un trasduttore di forza.

La risposta è simultaneamente misurata mediante un rilevatore di velocità fissato alla periferia del palo.

L'eccitazione dinamica può essere ottenuta anche mediante un eccitatore a masse eccentriche, in grado di applicare una forza oscillante secondo una sinusoide di frequenza nota, variabile in genere da 20 a 100 Hz.

Il palo deve essere preparato mediante spianamento e regolarizzazione della testa; lo spessore della malta deve essere non superiore a 5 cm.

Nel caso di impiego di eccitatore a masse eccentriche, occorre inserire nella testa del palo dei tira-fondi di ancoraggio.

I segnali di forza e velocità sono elaborati digitalmente e memorizzati nel posto tramite una centralina di registrazione ed elaborazione dati.

Su un grafico viene registrato l'andamento della curva velocità/forza (ammettenza meccanica) in funzione della frequenza di eccitazione.

La curva ottenuta è funzione del modulo Ec del conglomerato cementizio, della rigidezza dei terre-no laterale di appoggio e della geometria del palo.

b) Documentazione prodotta

La documentazione da produrre consisterà in una scheda, analoga a quella descritta per le prove soniche, nella quale, oltre ai dati generali identificativi del palo e delle condizioni di esecuzione della prova, siano anche riportati tutti i diagrammi e i risultati delle misure effettuate.

10 TIRANTI DI ANCORAGGIO

Per tiranti di ancoraggio si intendono elementi strutturali connessi al terreno o alla roccia che in esercizio sono sollecitati a trazione. Le forze di trazione sono quindi applicate sulla struttura da tenere ancorata mediante una piastra di ripartizione, detta testata.

In tali elementi la sollecitazione di trazione è impressa in tutto, o in parte, all'atto del collegamento con l'opera ancorata.

Il tirante si compone delle seguenti parti:

- la testa, costituita dal dispositivo di bloccaggio e dalla piastra di ripartizione;
- il tratto libero intermedio di collegamento tra testa e tratto attivo;
- il tratto attivo (fondazione), che trasmette al terreno la forza di trazione del tirante.

I tiranti, in relazione alla durata di esercizio, vengono distinti in:

- tiranti provvisori, la cui funzione deve essere espletata per un periodo di tempo limitato e definito a priori (inferiore a due anni);
- tiranti permanenti, la cui funzione deve essere espletata per un periodo di tempo commisurato alla vita utile dell'opera ancorata.

Di norma, l'armatura dei tiranti di ancoraggio è costituita da un fascio di trefoli in acciaio, tipo c.a.p., solidarizzati al terreno mediante iniezioni cementizie.

10.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

- D.M. 14/01/2008: "Norme tecniche per le costruzioni";
- Raccomandazioni AICAP, "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce";
- Altre norme UNI-CNR, ASTM, DIN, richiamate ove pertinenti.

10.2 ELEMENTI COSTITUTIVI DEL TIRANTE

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

a) Testata:

dispositivo di ripartizione delle sollecitazioni di ancoraggio sull'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, e il condotto di iniezione.

b) Armatura:

elemento destinato a trasmettere le sollecitazioni dalle testate al terreno o alla roccia; è costituita da trefoli o barre, a seconda del tipo di ancoraggio.

c) Tratto libero:

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

d) Fondazione (Bulbo di ancoraggio):

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

e) Canna di iniezione:

è costituita da un tubo, generalmente in PVC, dotato o meno di valvole a manchettes, che viene collegato al circuito di iniezione per la solidarizzazione dell'ancoraggio al terreno o alla roccia. Nei tiranti di ancoraggio, fra il tratto libero e la fondazione, è di norma interposto un dispositivo di separazione, chiamato sacco otturatore, tenuto in sede da due tamponi posti alle estremità. La funzione del sacco otturatore è di bloccare le eventuali fughe di miscela cementizia attraverso il tratto libero; esso dunque è particolarmente necessario nei tiranti aventi inclinazione prossima all'orizzontale.

Nei tiranti definitivi sono presenti dispositivi atti a realizzare la protezione delle armature anche in corrispondenza del tratto di fondazione. Questo dispositivo è in genere costituito da una guaina in PVC corrugata, dotata di centratori esterni, connessa tramite giunzioni a tenuta all'ogiva o puntale terminale, e al tampone del sacco otturatore. Un condotto di iniezione, dotato di sfiato, consente di eseguire il riempimento a volume controllato dell'interno di questa guaina (bulbo interno). Nel caso di tiranti a iniezioni selettive, la guaina grecata è collegata alla canna di iniezione e reca incorporate delle valvole a manchettes.

10.3 PROVE TECNOLOGICHE PRELIMINARI

Prima di dare inizio ai lavori, la metodologia esecutiva dei tiranti, quale proposta dall'Impresa, dovrà essere messa a punto dalla stessa, a sua cura, mediante l'esecuzione di un adeguato numero di tiranti preliminari di prova.

Il numero dei tiranti preliminari di prova sarà stabilito dalla Direzione Lavori in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del sottosuolo. Il numero minimo per le varie tipologie di tiranti di prova potrà essere riferito alle indicazioni fornite in tal senso dalle raccomandazioni AICAP.

I tiranti preliminari di prova dovranno essere eseguiti in aree limitrofe a quelle interessanti i tiranti a progetto e comunque rappresentative dal punto di vista geotecnico e idrogeologico.

Le modalità di applicazione e l'entità del carico massimo di prova, e così pure la successione dei cicli di carico e scarico, saranno prescritti dalla Direzione Lavori, in accordo con eventuali prescrizioni di progetto e con le raccomandazioni AICAP.

I tiranti preliminari di prova dovranno essere eseguiti alla presenza della Direzione Lavori, cui spetta l'approvazione delle modalità esecutive da adottarsi per i tiranti di progetto.

Nel caso l'Impresa proponga di variare nel corso dei lavori la metodologia esecutiva sperimentata ed approvata inizialmente, dovrà dar corso, a sua cura e spese, a nuove prove tecnologiche in ragione dello 0.5% del numero totale dei tiranti ancora da eseguire, con un minimo di un tirante prova.

10.4 SOGGEZIONI GEOTECNICHE, IDROGEOLOGICHE E AMBIENTALI

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

La scelta delle attrezzature di perforazione e i principali dettagli esecutivi dovranno essere messi a punto mediante l'esecuzione di tiranti di ancoraggio preliminari di prova, approvati dalla Direzione Lavori, prima dell'inizio della costruzione dei tiranti di progetto.

Particolare cura dovrà essere posta relativamente alla verifica dell'aggressività dell'ambiente nei riguardi dell'acciaio e del cemento impiegato nella realizzazione della miscela di iniezione dei tiranti.

Tale verifica verrà eseguita, su richiesta della Direzione Lavori a cura e spese dell'Impresa.

L'ambiente verrà dichiarato aggressivo quando:

In caso di ambiente aggressivo accertato, l'utilizzo del tipo di cemento dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori e l'Impresa dovrà certificarne l'idoneità.

10.5 MATERIALI E ELEMENTI COSTRUTTIVI

10.5.1 Acciai e dispositivi di bloccaggio

Gli acciai impiegati nella realizzazione dei tiranti di ancoraggio dovranno essere conformi alle norme del D.M. 14/01/2008.

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

- Componenti: 7 fili diam. 5 mm
- diametro nominale: 15.20 mm
- sezione nominale: 139 mm2
- tensione effettiva al 1% di allungamento: 225 kN
- tensione di rottura effettiva: 250 kN
- modulo elastico: E = 200÷205 kN/mm2
- limite elastico convenzionale allo 0.1%: fp(1)k = 1600 N/mm2
- tensione di rottura: fptk = 1800 N/mm2
- allungamento a rottura su 610 mm: 5.2÷5.1%
- peso: 1.1 kg/m

Di conseguenza le tensioni ammissibili sono:

- in esercizio: $\delta a \leq 0.6$ fptk
- in fase provvisoria: $\delta ai \leq 0.85$ fp(1)k

a cui corrispondono i seguenti valori dei carichi di trazione:

- in esercizio: $T \leq 150$ kN
- in fase transitoria (per prove di collaudo o per brevi fasi di carico temporanee): $T \leq 180$ kN

10.5.2 Barre, barre in acciai speciali

Le barre saranno in acciaio del tipo ad aderenza migliorata (a.m.), di qualità e caratteristiche conformi a quanto specificato nel presente Capitolato.

E' consentito, ove espressamente previsto dai disegni di progetto, l'impiego di barre in acciai speciali e a filettatura continua, tipo Dywidag o simili. Le caratteristiche di tali acciai dovranno essere certificate dal produttore e verificate a norma dei regolamenti già richiamati.

10.5.3 Piastre di ripartizione

Si adotteranno piastre di ripartizione le cui dimensioni dovranno essere scelte in relazione alle caratteristiche geometriche e di portata dei tiranti e alle caratteristiche di resistenza e deformabilità del materiale di contrasto.

10.5.4 Miscele di iniezione

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 7163 dell'Aprile 1979.

Gli additivi non dovranno essere aeranti.

10.5.5 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 interassi di 2.0-2.5 m in modo da dare al fascio di trefoli una conformazione a ventri e nodi.

Per armature costituite da barre i distanziatori non 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 a 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 di iniezione.

10.6 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 ±2°;
- 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.

10.7 PERFORAZIONE

La perforazione potrà essere eseguita a rotazione o a rotopercussione, in materie di qualsiasi natura e consistenza, compreso calcestruzzi, murature, trovanti e/o roccia dura, anche in presenza di acqua.

Il foro potrà essere eseguito a qualsiasi altezza e l'Impresa dovrà provvedere a 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 di 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 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 pistoni con portate e pressioni adeguate. Si richiedono valori minimi di 200 l/min e 25 bar, rispettivamente.

Nel caso di perforazione a rotopercussione con martello a fondo foro, si utilizzeranno compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:

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

10.8 ALLESTIMENTO DEL TIRANTE

Ultimata la rimozione dei detriti si provvederà all'allestimento del tirante mediante:

- riempimento del foro con miscela cementizia (cementazione di 1° fase), se necessaria;
- introduzione del tirante;
- riempimento dei dispositivi di separazione e protezione interni (sacco otturatore, bulbo interno);
- esecuzione delle iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati;
- posizionamento della testata e dei dispositivi di tensionamento;
- prove di carico di collaudo;
- tensionamento del tirante;
- iniezione della parte libera;
- protezione della testata.

Se presente l'iniezione di 1a fase, l'introduzione del tirante potrà essere eseguita solo allorchè:

- la perforazione sia interamente rivestita;
- il tirante sia dotato della valvola di fondo esterna all'ogiva;
- il riempimento avvenga contemporaneamente all'estrazione dei rivestimenti e siano operati gli eventuali rabbocchi finali;
- i trefoli e i condotti di iniezione siano opportunamente prolungati fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezioni e di tesatura;
- il sacco otturatore, nel caso di tiranti orizzontali o debolmente inclinati ($i \leq 25°$), sia presente.

10.9 INIEZIONE

La solidarizzazione dell'armatura al terreno verrà eseguita in due o più fasi, come di seguito specificato.

10.9.1 Cementazione di prima fase

Se necessaria, sarà eseguita all'atto del completamento della perforazione, secondo quanto specificato al precedente punto; si utilizzerà un volume di miscela cementizia commisurato al volume teorico del foro.

In questa fase si eseguiranno anche le operazioni di riempimento del sacco otturatore, ove presente, e del bulbo interno per i tiranti definitivi, utilizzando quantitativi di miscela corrispondenti ai volumi teorici degli stessi.

Completata l'iniezione di 1a fase, si provvederà a lavare con acqua il cavo interno del tubo di iniezione.

10.9.2 Iniezioni selettive a pressione e volume costante

Trascorso un periodo di 12÷24 ore dalla formazione della guaina, si darà luogo alla esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio.

Si procederà valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione.

La massima pressione di apertura delle valvole non dovrà superare il limite di 60 bar; in caso contrario la valvola potrà essere abbandonata. Ottenuta l'apertura della valvola si darà luogo all'iniezione in pressione fino ad ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti in progetto. La pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito.

L'iniezione dovrà essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min, e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage).

I valori di iniezione saranno di norma non inferiori a tre volte il volume teorico del foro, e comunque conformi alle prescrizioni di progetto.

Nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione di rifiuto, la valvola sarà nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12÷24 ore.

Fino a quando le operazioni di iniezione non saranno concluse, al termine di ogni fase occorrerà procedere al lavaggio interno della canna.

10.9.3 Caratteristiche degli iniettori

Per eseguire l'iniezione dovranno essere utilizzate delle pompe oleodinamiche a pistoni, a bassa velocità, aventi le seguenti caratteristiche minime:

- pressione max di iniezione: ≈ 100 bar
- portata max: ≈2 m3/h
- n. max pistonate/minuto: ≈ 60.

Le caratteristiche delle attrezzature utilizzate dovranno essere comunicate alla Direzione Lavori, specificando in particolare alesaggio e corsa dei pistoni.

10.10 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 e 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 maggiore di 5 mm e 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 PVC, 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 preforo dovranno essere riempiti con miscela cementizia.

Gli spazi residui tra armatura e guaina dovranno essere perfettamente riempiti con grasso meccanico chimicamente stabile, inalterabile e non saponificabile.

10.11 TESATURA E COLLAUDO

Trascorsi ventotto giorni dall'ultima iniezione, o meno, secondo il tipo di miscela, ogni tirante verrà sottoposto a tesatura di collaudo. L'inizio delle operazioni di tesatura e collaudo dovrà essere comunque autorizzato dalla Direzione Lavori.

La trazione di collaudo (Nc) è pari a 1.2 volte la trazione massima di esercizio (Nes).

La prova di collaudo si eseguirà assegnando dapprima al tirante una trazione di assestamento N0 = 0.10 Nes e misurando la corrispondente posizione delle armature rispetto alle piastre di testata. I tiranti che non soddisferanno i requisiti di collaudo verranno sostituiti con nuovi tiranti di caratteristiche e posizione concordate con la Direzione Lavori, sentito il Progettista. In tali casi, restando inteso che comunque i maggiori oneri che ne deriveranno saranno a totale carico dell'Impresa.

Ai tiranti risultanti idonei verrà applicata gradualmente e senza interruzioni la forza di tesatura iniziale prevista dal progetto.

Al termine delle operazioni di tesatura verranno serrati gli organi di bloccaggio.

Le apparecchiatura impiegate dovranno consentire le seguenti precisioni di misurazione:

- per gli allungamenti di 0.1 mm;
- per le forze, del 2% della trazione massima di esercizio (Nes).

Esse dovranno essere tarate presso un Laboratorio Ufficiale; è facoltà della Direzione Lavori rivedere

a cura dell'Impresa la ripetizione della taratura in caso di impieghi prolungati, o ripetuti per più di 50

tiranti, o in caso di risultati che diano adito a dubbi sulla loro attendibilità.

10.12 PROTEZIONI ANTICORROSIVE IN OPERA

La protezione anticorrosiva del tratto libero del tirante sarà completata iniettando all'interno della guaina la miscela utilizzata nelle operazioni di iniezione dopo il completamento delle operazioni di tesatura del tirante.

L'iniezione nel tratto libero della miscela cementizia, prima della tesatura o di fasi eventuali di ritesatura, potrà avvenire solo per armature costituite da trefoli a sezione compatta, ingrassati e protetti da guaine individuali in PVC, in modo che sia assicurato lo scorrimento tra guaina e trefolo con minime resistenze.

La protezione della testa del tirante potrà essere ottenuta, nei casi in cui è prescritta la protezione di classe 1, con un getto della miscela indicata previa aggiunta di additivi antiritiro, mentre nel caso si debba realizzare una protezione di classe 2, si provvederà all'incapsulamento della testa mediante involucri protettivi di polietilene o polipropilene di spessore minimo pari a 2 mm che verranno connessi per saldatura alla guaina che avvolge il tratto libero; successivamente, con un getto di miscela cementizia, armata con rete, si proteggerà ulteriormente la testa dagli urti e dalle abrasioni.

Per un periodo non inferiore a 180 (centottanta) giorni, decorrente dalla data della ultimazione delle operazioni di tesatura di collaudo, le teste di tutti i tiranti dovranno essere lasciate accessibili per le operazioni di controllo e ritesatura da eseguire, rispettivamente, a 90 (novanta) e 180 (centottanta) giorni dalla data della tesatura di collaudo, nelle quantità che saranno prescritte dalla Direzione Lavori e comunque non inferiore al 20% dei tiranti.

11 PAVIMENTAZIONI STRADALI

11.1 MISTO STABILIZZATO

11.1.1 Descrizione

È formato da una miscela di terre stabilizzate granulometricamente; la frazione grossa di tale miscela (trattenuta al setaccio UNI 2 mm) può essere costituita da ghiaie, frantumati, detriti di cava, scorie o anche altro materiale ritenuto idoneo dalla Direzione Lavori. Tra i materiali ritenuti idonei rientra il fresato (materiale proveniente dalla demolizione di pavimentazione in conglomerato bituminoso) per il cui utilizzo è necessario seguire l'iter di cui al Decreto Ronchi 5 Febbraio 1998, e/o altri materiali di detrito (demolizioni cavalcavia e calcestruzzo in generale). L'utilizzo sarà autorizzato soltanto dopo la presentazione alla Direzione Lavori dello studio di prequalifica della miscela terra-fresato, corredato di prove di laboratorio e curva granulometrica. La miscela potrà essere formata da materiale d'apporto idoneo pronto all'impiego oppure da correggersi con adeguata attrezzatura in impianto fisso di miscelazione.

Lo spessore deve essere conforme agli elaborati di progetto.

11.1.2 Caratteristiche dei materiali da impiegare

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione in impianto fisso, risponderà alle caratteristiche seguenti:

a. L'aggregato non deve avere dimensioni superiori a 71 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare ;

b. Granulometria compresa nel seguente fuso e avente andamento continuo ed uniforme, praticamente concorde a quello delle curve limite:

c. Rapporto tra il passante al setaccio UNI 0,075 mm ed il passante al setaccio UNI 0,4 mm inferiore a 2/3.

Serie crivelli e setacci UNI	Passante totale in peso %
Crivello 71	100
" 40	75-100
" 30	60-90
" 15	44-70
" 10	35-60
" 5	24-45
" 2	16-34
Setaccio 0.42	7-19
Setaccio 0.075	2-8

d. Perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 30% in peso.

e. Nel caso in cui risultasse equivalente in sabbia < 60% la Direzione Lavori richiederà in ogni caso (anche se la miscela contiene più del 60% in peso d'elementi frantumati) la verifica dell'indice di portanza C.B.R. di cui al successivo comma.

f. Indice di portanza C.B.R. (CNR-UNI 10009 - Prove sui materiali stradali; indice di portanza C.B.R. di una terra) dopo quattro giorni d'imbibizione in acqua, eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25 mm, non minore di 50.

È inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di ±2% rispetto all'umidità ottimale di costipamento. Se le miscele contengono oltre il 60% in peso d'elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi a,b, d, e, salvo nel caso citato al comma e. in cui la miscela abbia un equivalente in sabbia < di 60.

11.1.3 Studio preliminare

Le caratteristiche suddette devono essere accertate dalla Direzione Lavori mediante prove di Laboratorio sui campioni che l'Impresa avrà cura di presentare a tempo opportuno.

Contemporaneamente l'Impresa deve indicare, per iscritto, le fonti d'approvvigionamento, il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che sarà impiegata.

La mancata presentazione della documentazione preliminare comporta la non autorizzazione all'inizio dell'esecuzione dei lavori, né saranno accettate eventuali lavorazioni svolte prima dell'approvazione delle modalità esecutive.

I requisiti d'accettazione saranno inoltre accertati con controlli della Direzione Lavori sia in cava, sia preliminarmente sia in corso d'opera, prelevando il materiale in sito già miscelato, prima e dopo avere effettuato il costipamento.

I requisiti d'accettazione, in corso d'opera, dovranno essere accertati con un prelievo ogni 2500 m^3 di materiale. Il materiale, qualora la Direzione Lavori ne accerti la non corrispondenza anche ad una sola delle caratteristiche richieste, non potrà essere impiegato nella lavorazione e se la stessa Direzione Lavori riterrà, a suo giudizio, che non possa essere reso idoneo mediante opportuni correttivi da effettuare a cura e spese dell'Impresa, dovrà essere allontanato dal cantiere.

11.1.4 Modalità esecutive

Il piano di posa dello strato dovrà avere le quote, la sagoma ed i requisiti di compattezza previsti in progetto o prescritti dalla Direzione Lavori ed essere ripulito da materiale estraneo. Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a cm 20 e non inferiore a cm 10, e dovrà presentarsi, dopo il costipamento, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti. L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (precipitazioni) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato. Verificandosi comunque eccesso di umidità, lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria. Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi. L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento per ogni cantiere verranno accertate dalla Direzione Lavori con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere.

Il costipamento in ogni strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 95% della densità massima fornita dalla prova AASHTO modificata (AASHTO T 180-57 metodo D), con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al setaccio 3/4".

Il valore del modulo di deformazione Md, misurato nell'intervallo compreso fra Mpa 0,15 e 0,25, non dovrà essere inferiore a Mpa 100. In caso contrario l'Impresa, a sua cura e spese dovrà adottare tutti i provvedimenti atti al raggiungimento del valore prescritto, non esclusa la rimozione ed il rifacimento dello strato.

La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre cm 1, controllato a mezzo di un regolo di m 4,00 di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché questa differenza si presenti solo saltuariamente. In caso contrario l'Impresa a sua cura e spese, dovrà provvedere al raggiungimento dello spessore prescritto.

11.2 SOTTOBASE IN MISTO CEMENTATO

La sottobase in misto cementato sarà costituita da una miscela di aggregati lapidei, impastata con cemento ed acqua in impianto centralizzato con dosatori a peso o a volume, da stendersi in unico strato dello spessore indicato in progetto, salvo diversa prescrizione della Direzione Lavori.

11.2.1 Caratteristiche dei materiali da impiegare

11.2.1.1 Inerti

Saranno impiegate ghiaie e sabbie di cava e/o di fiume con percentuale di frantumato complessiva compresa tra il 30% ed il 60% in peso sul totale degli aggregati.

La Direzione Lavori potrà autorizzare l'impiego di quantità di materiale frantumato superiore al limite stabilito, in questo caso la miscela finale dovrà essere tale da presentare le stesse resistenze a compressione e a trazione a sette giorni prescritte nel seguito; questo risultato potrà ottenersi aumentando la percentuale delle sabbie presenti nella miscela e/o la quantità di passante al setaccio 0,75 mm.

Gli inerti dovranno avere i seguenti requisiti:

a. dimensioni non superiori a 40 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare;
b. granulometria compresa nel seguente fuso ed avente andamento continuo ed uniforme (CNR 23 -1971):

	Serie crivelli e setacci UNI	Passante % totale in peso
i.		
ii.	Crivello 40	100
1.	" 30	80-100

	2.	“ 25	72-90
	3.	“ 15	53-70
	4.	“ 10	40-55
	5.	“ 5	28-40
iii.	Setaccio	2	18-30
	1.	“ 0,4	8-18
	2.	“ 0,18	6-14
	3.	“ 0,075	5-10

c. perdita in peso alla prova Los Angeles (CNR 34 - 1973) non superiore al 30% in peso;

d. equivalente in sabbia (CNR 27 – 1972) compreso fra 30 - 60;

e. indice di plasticità (CNR UNI 10014) non determinabile (materiale non plastico).

11.2.1.2 Legante

Dovrà essere impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'alto forno).

A titolo indicativo la percentuale di cemento sarà compresa tra il 2,5% ed il 3,5% sul peso degli aggregati asciutti.

È possibile sostituire parzialmente il cemento con cenere di carbone del tipo leggero di recente produzione: orientativamente le ceneri leggere possono sostituire fino al 40% del peso indicato di cemento.

La quantità in peso di ceneri da aggiungere per ottenere pari caratteristiche meccaniche scaturirà da apposite prove di laboratorio da effettuare a cura dell'Impresa e sotto il controllo della Direzione Lavori.

Indicativamente ogni punto percentuale di cemento potrà essere sostituito da 4-5 punti percentuali di ceneri.

11.2.1.3 Acqua

Dovrà essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica e qualsiasi altra sostanza nociva.

La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all’umidità ottima di costipamento (CNR 69 – 1978) con una variazione compresa entro ±2% del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze indicate di seguito.

11.2.1.4 Studio della miscela in laboratorio

L'Impresa dovrà sottoporre all'accettazione della Direzione Lavori la composizione granulometrica da adottare e le caratteristiche della miscela.

La percentuale di cemento e delle eventuali ceneri volanti, come la percentuale di acqua, dovranno essere stabilite in relazione alle prove di resistenza eseguite sui provini cilindrici confezionati entro stampi CBR (CNR-UNI 10009) impiegati senza disco spaziatore (altezza 17,78 cm, diametro 15,24 cm, volume 3242 cm^3); per il confezionamento dei provini gli stampi verranno muniti di collare di prolunga allo scopo di consentire il regolare

costipamento dell'ultimo strato con la consueta eccedenza di circa 1 cm rispetto all'altezza dello stampo vero e proprio.

Tale eccedenza dovrà essere eliminata, previa rimozione del collare suddetto e rasatura dello stampo, affinché l'altezza del provino risulti definitivamente di 17,78 cm.

La miscela di studio verrà preparata partendo da tutte le classi previste per gli aggregati, mescolandole tra loro, con il cemento, l'eventuale cenere e l'acqua nei quantitativi necessari ad ogni singolo provino.

Comunque prima di immettere la miscela negli stampi si opererà una vagliatura sul crivello UNI 25 mm allontanando gli elementi trattenuti (di dimensione superiore a quella citata) con la sola pasta di cemento ad essi aderente.

La miscela verrà costipata su 5 strati, con il pestello e l'altezza di caduta di cui alla norma AASHTO modificata, con 85 colpi per strato, in modo da ottenere una energia di costipamento pari a quella della prova citata (diametro pestello 51+0,5 mm, peso pestello 4,535+0,005 Kg, altezza di caduta 45,7 cm).

I provini dovranno essere estratti dallo stampo dopo 24 h e portati successivamente a stagionatura per altri 6 giorni in ambiente umido (umidità relativa non inferiore al 90% e temperatura di circa 293 K); in caso di confezione in cantiere la stagionatura si farà in sabbia mantenuta umida.

Operando ripetutamente nel modo suddetto, con l'impiego di percentuali in peso d'acqua diverse (sempre riferite alla miscela intera, compreso quanto eliminato per vagliatura sul crivello 25) potranno essere determinati i valori necessari al tracciamento dei diagrammi di studio.

Lo stesso dicasi per le variazioni della percentuale di legante.

I provini dovranno avere resistenza a compressione a 7 giorni non minore di 2,5 MPa e non superiore a 4,5 MPa, ed a trazione secondo la prova “brasiliana” (CNR 97 – 1984), non inferiore a 0,25 MPa.

Per particolari casi è facoltà della Direzione Lavori accettare valori di resistenza a compressione fino a 7,5 MPa (questi valori per la compressione e la trazione devono essere ottenuti dalla media di 3 provini, se ciascuno dei singoli valori non si scosta dalla media stessa di ±15%, altrimenti dalla media dei due restanti dopo aver scartato il valore anomalo).

Da questi dati di laboratorio dovranno essere scelti la curva, la densità e le resistenze da confrontare con quelle di progetto e da usare come riferimento nelle prove di controllo.

11.2.2 Modalità esecutive

11.2.2.1 Confezione delle miscele

Le miscele dovranno essere confezionate in impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Gli impianti dovranno comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare mi-scele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

La dosatura degli aggregati dovrà essere effettuata sulla base di almeno 4 classi con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

La zona destinata all'ammannimento degli aggregati sarà preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possano compromettere la pulizia degli aggregati.

Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

11.2.2.2 Posa in opera

La miscela dovrà essere stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti.

La stesa verrà eseguita impiegando finitrici vibranti.

Le operazioni di addensamento dello strato dovranno essere realizzate nell'ordine con le seguenti attrezzature:

- rullo a due ruote vibranti da 10 t per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18 t;
- rullo gommato con pressione di gonfiaggio superiore a 5 bar e carico di almeno 18 t.

Potranno essere impiegati in alternativa, previo benestare della Direzione Lavori, rulli misti vibranti gommati rispondenti alle caratteristiche di cui sopra.

In ogni caso l'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento dovranno essere verificate preliminarmente dalla Direzione Lavori su una stesa sperimentale delle miscele messe a punto.

La stesa della miscela non dovrà di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 273 K e superiori a 298 K e mai sotto la pioggia.

Tuttavia, a insindacabile giudizio della Direzione Lavori, potrà essere consentita la stesa a temperature tra i 298 e i 303 K.

In questo caso però sarà necessario proteggere da evaporazione la miscela durante il trasporto dall'impianto di confezionamento al luogo di impiego (ad esempio con teloni), sarà inoltre necessario provvedere ad un’abbondante bagnatura del piano di posa del misto cementato.

Infine le operazioni di costipamento e di stesa del velo di protezione con emulsione bituminosa dovranno essere eseguite immediatamente dopo la stesa della miscela.

Le condizioni ideali di lavoro si hanno con temperature comprese tra 288 e 291 K ed umidità relativa del 50% circa; temperature superiori saranno ancora accettabili con umidità relativa anch’essa crescente; comunque è opportuno, anche per temperature inferiori alla media, che l'umidità relativa dell'ambiente non scenda al di sotto del 15% in quanto ciò potrebbe provocare ugualmente una eccessiva evaporazione della miscela.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non dovrà superare di norma le 2 h per garantire la continuità della struttura. Particolari accorgimenti dovranno adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali, che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale similare.

Il giunto di ripresa sarà ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola e togliendo la tavola stessa al momento della ripresa della stesa; se non si fa uso della tavola,

sarà necessario, prima della ripresa della stesa, provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo da ottenere una parete verticale.

Non dovranno essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.

Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause dovranno essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

11.2.2.3 Protezione superficiale

Appena completati il costipamento e la rifinitura superficiale dello strato, dovrà essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55%, in ragione di 1,0-2,0 kg/m^2, in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà essere sottoposta la fondazione, con successivo spargimento di sabbia.

11.2.3 Requisiti di accettazione e controlli

Le caratteristiche granulometriche delle miscele, potranno avere una tolleranza di ± 5 punti % fino al passante al crivello n°5 e di ± 2 punti % per il passante al setaccio 2 ed inferiori, purché non vengano superati i limiti del fuso.

Qualora le tolleranze di cui sopra vengano superate, la lavorazione dovrà essere sospesa e l'Impresa dovrà adottare a sua cura e spese quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori.
La densità in sito, a compattazione ultimata, dovrà risultare non inferiore al 97% delle prove AASHTO modificata (CNR 69 – 1978), nel 98% delle misure effettuate.

La densità in sito sarà determinata mediante normali procedimenti a volumometro, con l'accorgimento di eliminare dal calcolo, sia del peso che del volume, gli elementi di dimensione superiore a 25 mm. Ciò potrà essere ottenuto con l'applicazione della formula di trasformazione:

$$dr = \frac{di\,Pc\,(100 - x)}{100\,Pc - x\,di}$$

dr= densità della miscela ridotta degli elementi di dimensione superiore a 25 mm, da paragonare a quello AASHTO modificata determinata in laboratorio;

di = densità della miscela intera;

Pc = peso specifico degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm;

x = percentuale in peso degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm.

oppure con una misura diretta consistente nella separazione mediante vagliatura degli elementi di pezzatura maggiore di 25 mm e nella loro sistemazione nel cavo di prelievo prima di effettuare la misura con volumometro.

La sistemazione di questi elementi nel cavo dovrà essere effettuata con cura, elemento per elemento per evitare la formazione di cavità durante la misurazione del volume del cavo stesso.

Il valore del modulo di deformazione (CNR 146 – 1992), al primo ciclo di carico e nell'intervallo compreso tra 0,15-0,25 MPa, in un tempo compreso fra 3-12 h dalla compattazione, non dovrà mai essere infe-riore a 150 MPa.

Qualora venissero rilevati valori inferiori, la frequenza dei rilevamenti dovrà essere incrementata secondo le indicazioni della Direzione Lavori e l'impresa, a sua cura e spese, dovrà demolire e ricostruire gli strati interessati.

La superficie finita della fondazione non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm verificato a mezzo di un regolo di 4,00 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

La frequenza del controllo sarà quella ordinata dalla Direzione Lavori.

11.3 PAVIMENTAZIONI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO

11.3.1 LEGANTI BITUMINOSI DI BASE E MODIFICATI

11.3.1.1 Leganti bituminosi semisolidi - caratteristiche e penali

I leganti bituminosi semisolidi di base per usi diretti o per modifiche successive con polimeri o altri trattamenti, sono quei leganti per uso stradale costituiti da bitumi prodotti in raffineria mediante: distillazione primaria (topping e vacuum); conversione (cracking termico, visbreaking);

I leganti bituminosi usati senza alcun trattamento sono di normale produzione da raffineria vengono definiti di tipo A e vengono impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi tradizionali.

I bitumi da modificare con additivi sono denominati di "base modifica"e chiamati "BM",

La tabella sinottica I° che segue indica i diversi tipi di leganti utilizzabili; quella successiva, denominata tabella sinottica II° i conglomerati in cui vengono impiegati e la terza, tabella sinottica III°, gli additivi utilizzati nelle modifiche.

TAVOLA SINOTTICA I° LEGANTI BITUMINOSI NORMALI E MODIFICATI

Categoria Leganti	**Tab.**	**Sigla Bitume**	**Campi di applicazione** (per le sigle vedi tab sinottica II)
Bitume tal quale per usi diretti	3.2.	A, A1	CB, CBS
Bitume di base per modifiche	3.2.1.	BM	CBM, CBH, CBD, MT, MTF, TSC, CBV, S, GT, MAD, MAMT, MAV, MAPCP
Bitume Medium(°)	3.3.3.	B	CBM
Bitume Hard	3.3.4.	C	CBH(°°), CBD, CBMD, CBV, CBMU, CBDC, TSC, MT, MAD, MAMT, MAV, MAPCP,ECD
Bitume Hard per: Microtappeti a freddo,	3.3.5.	D	MTF, CBRF

Riciclaggio in sito a freddo			
Bitume Hard per: Sigillature, Giunti tamponi	3.3.6.	E	S, GT
Emulsioni bituminose cationiche	3.3.7.	F1, F2	MAF
Altri materiali coadiuvanti l'azione legante	**Tab.**	**Sigla Bitume**	**Campi di applicazione** (per le sigle vedi tab sinottica II)
Attivanti chimici funzionali	3.3.8.	A.C.F.	CBR(°°°), CBRF, CBS
Dopes di adesione		DOP	Dove previsto
Fibre di natura minerale (vetro) o miste	3.4.1.	MST	CBD, TSC, MT,CBMD,CBMU,ECD
Fibre di natura minerale (vetro) a filo continuo	3.4.2.	MST	MTF
Leganti sintetici	3.5.	LS	TSS

1. (°) Usato nei CB quando il bitume di base non raggiunge i minimi richiesti (Tab. 31.1.1.1)
2. (°°) Per aumentare la durata a fatica dei CB
3. (°°°) Vengono usati per riattivare le caratteristiche reologiche dei bitumi nei CBR (strati di base, collegamento, usura)

TAVOLA SINOTTICA II° CONGLOMERATI BITUMINOSI

Sigla	**Campi di applicazione**
CB	Conglomerati bituminosi con bitume tal quale
CBM	Conglomerati bituminosi speciali per strati di base, collegamento ed usura, con bitume a modifica "Medium"
CBH	Conglomerati bituminosi ad alta resistenza a fatica per strati di base, collegamento ed usura, con bitume a modifica "Hard"
CBD	Conglomerato bituminoso drenante fono-assorbente monostrato
CBMD	Conglomerato bituminoso micro-drenante per usura
CBDC	Conglomerato bituminoso drenante calcareo
CBR	Conglomerato bituminoso riciclato
CBMU	Conglomerato bituminoso micro-usura
MT	Microtappeti ad elevata rugosità (parzialmente drenanti)
ECD	Conglomerato bituminoso ecodrenante
CBS	Conglomerato bituminoso schiumato
CBRF	Conglomerato bituminoso riciclati a freddo con emulsione
TSC	Trattamenti superficiali a caldo
MTF	Microtappeti a freddo
CBV	Conglomerato bituminoso per viadotti
S	Sigillature
GT	Giunti a tampone
MAD	Mano di attacco per CBD,CBDC
MAMT	Mano di attacco per MT, CBMU
MAV	Mano di attacco per CBV (tra membrana e CBV)
MAPCP	Mano di attacco per PCP(lastra in cls ad armatura continua)

MAF	Mano di attacco a freddo per conglomerati bituminosi tradizionali

TAVOLA SINOTTICA III° ADDITIVI

Sigla	**Polimeri e Additivi**
SBSr	Stirene-Butadiene-Stirene a struttura radiale
SBSl	Stirene-Butadiene-Stirene a struttura lineare
SIS	Stirene-Isoprene-Stirene
EVA	Etilene-Vinil-Acetato
LDPE	Polietilene a bassa densità
A.C.F.	Attivanti Chimici Funzionali
FM	Fibre Minerali (vetro) o Miste
FV	Fibre Vegetali
LS	Leganti Sintetici

11.3.1.2 Bitumi di base

I leganti bituminosi semisolidi impiegati senza alcun trattamento sono quei bitumi per uso stradale di normale produzione di raffineria (definiti tipo A) con le caratteristiche indicate nella seguente tabella impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi tradizionali a caldo. Nella tabella sono riportate le caratteristiche riferite al prodotto di base "A" così come viene prelevato nelle cisterne e/o nei serbatoi di stoccaggio. I prelievi devono essere fatti secondo quanto prescritto dalle normative: UNI EN 58/2005.

Bitume "A" (50/70)

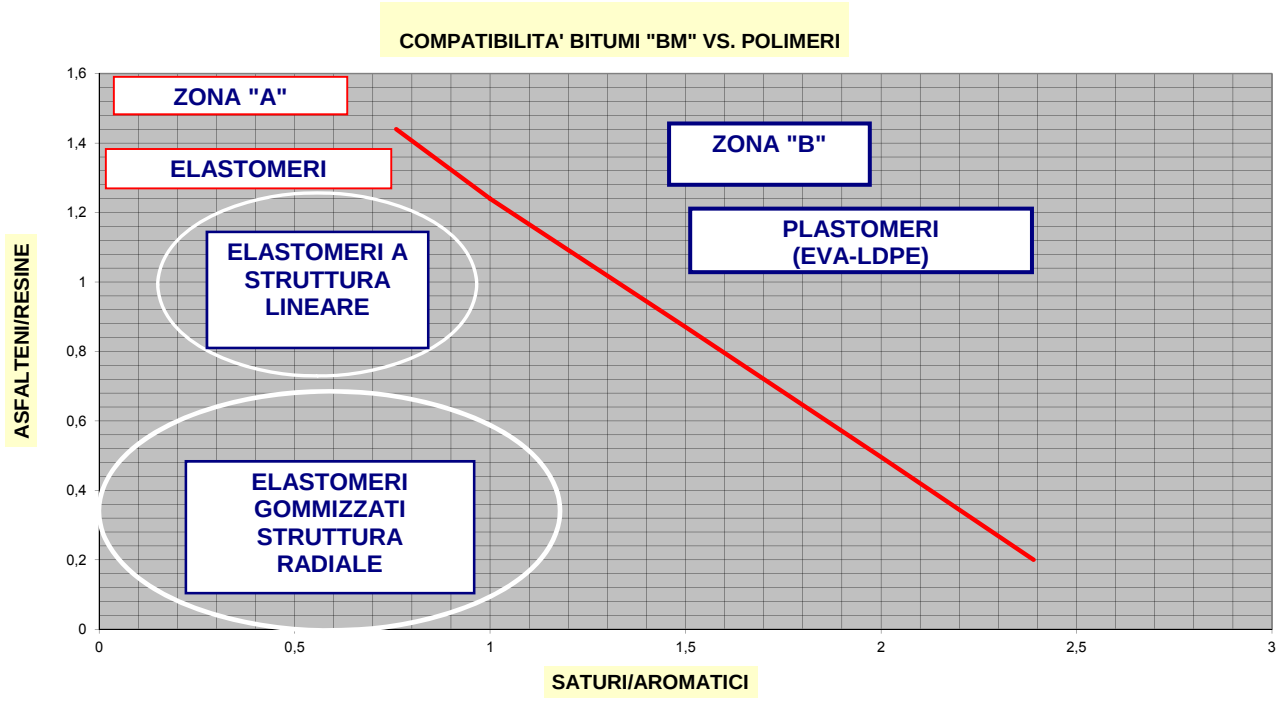
Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Penetrazione a 25°C	0,1 mm	UNI EN 1426	50-70
Punto di rammollimento	°C	UNI EN 1427	46-56
Punto di rottura (Fraass)	°C	UNI EN12593	≤ □ -6
Solubilità in Tricloroetilene, min.	%	UNI EN12592	≥ 99
Viscosità dinamica a160°C,gradiente di velocità ỳ=10s-1	Pa*s	UNI EN13702-2	≥ 0.05 - ≤ □0,2
Valori dopo RTFOT (*)			
Perdita per riscaldamento(volatilità) a163°C	%	UNI EN 12607-1	≤ □0,5
Penetrazione residua a 25°C	%	UNI EN1426	≥ 50

Incremento del Punto di rammollimento	°C	UNI EN1427	≤ 9

(*) Rolling Thin Film Oven Test

11.3.1.3 Caratteristiche del bitumen di base “BM” per la modifica con polimeri

Per i leganti bituminosi semisolidi di base BM indichiamo 8 caratteristiche più i frazionamenti chimici riferiti agli asfalteni, polari (resine), aromatici, saturi determinati mediante analisi TLC/FID Iatroscan. Per questi ultimi, i valori dei rapporti asfalteni/resine e



saturi/aromatici dovranno essere tali da rientrare nel quadrante di compatibilità riportato nel diagramma seguente, inoltre si dovrà rientrare nei limiti almeno per 4 caratteristiche su 8, obbligatoria la rispondenza nelle grandezze riferite alla viscosità dinamica a T=160°C, perdita per riscaldamento (volatilità) a T=163°C, penetrazione e punto di rammollimento, obbligatoria sempre la rispondenza nelle grandezze riferite ai rapporti dei frazionamenti chimici del diagramma.

Nella tabella e nel diagramma seguenti sono riportate le caratteristiche che deve avere il prodotto di base modifica “BM” quando viene prelevato nelle cisterne e/o nei serbatoi di stoccaggio.

I prelievi devono essere fatti secondo quanto prescritto dalla normativa UNI EN 58/2005.

Bitume BM

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Penetrazione a 25°C	0,1 mm	UNI EN1426	80-100
Punto di rammollimento	°C	UNI EN1427	40-44
Punto di rottura (Fraass)	°C	UNI EN12593	≤ □ -8
Solubilità in Tricloroetilene, min.	%	UNI EN12592	≥ 99
Viscosità dinamica a160°C,gradiente di velocità ỳ=10s-1	Pa*s	UNI EN13702-2	> 0.1
Valori dopo RTFOT			
Perdita per riscaldamento(volatilità) a163°C	%	UNI EN 12607-1	≤ □0,5
Penetrazione residua a 25°C	%	UNI EN1426	≥ 50
Incremento del Punto di rammollimento	°C □□9	UNI EN1427	≤ 9

11.3.1.4 Leganti bituminosi modificati

I leganti bituminosi modificati sono quei leganti per uso stradale costituiti da bitumi di base ed appositi polimeri ed additivi.

Possono anche essere modificati con azione termo-meccanica come avviene per i bitumi schiumati.

Nel seguito indichiamo le 9 caratteristiche dei bitumi modificati "Medium" siglati: "B" e "D", e le 10 caratteristiche per quelli a modifica "Hard" siglati "C".

Si deve rientrare nei limiti per almeno 5 caratteristiche su 9 e 5 caratteristiche su 10 per i bitumi modificati siglati: B, D, C; è sempre obbligatoria la rispondenza nelle grandezze riferite alla: viscosità dinamica a T=160°C, penetrazione, punto di rammollimento, ritorno elastico a T=25°C e stabilità allo stoccaggio.

Qualora i bitumi modificati non risultino come da richieste testé definite verranno penalizzati del 10% i prezzi di tutti i conglomerati per strati di base, collegamento ed usura o per altri impieghi, confezionati con la partita di bitume a cui si riferiscono le prove.

L'applicazione di queste penali non esclude quelle previste in altri articoli delle presenti norme, riferite a caratteristiche prestazionali del prodotto finito quali: moduli, durate, resistenze, regolarità, ecc.

Nella tavola sinottica II° sono riportate le categorie dei leganti per tipo di modifica e campi di applicazione.

11.3.1.5 Certificazione di qualità

I bitumi modificati da impiegare nelle lavorazioni, devono essere forniti da Produttori Certificati in Qualità che dimostrino la disponibilità di un efficiente sistema per il controllo qualitativo della produzione. Le verifiche di rispondenza, in conformità a quanto previsto dalle Norme UNI EN ISO 9002/94, devono essere certificate da Enti riconosciuti, in conformità alla Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n° 2357 del 16.05.1996 (Gazzetta Ufficiale n° 125 del 30.05.1996). La Direzione Lavori e la Committente potranno effettuare in contraddittorio, in ogni momento e a loro insindacabile giudizio, in cantiere, alla stesa ed in impianto, prelievi e controlli sul prodotto finito. La non rispondenza dei requisiti comporta, dopo eventuale ulteriore verifica, la sospensione dei lavori sino alla risoluzione delle anomalie rilevate e/o l'applicazione delle penali previste.

11.3.1.6 Bitumi modificati con additivi

I bitumi modificati rappresentano quei leganti per uso stradale di nuova generazione, che garantiscono una maggiore durata a fatica delle miscele bituminose rispetto a quelle impieganti bitumi di base o che riducano l'attitudine alla deformazione permanente dei conglomerati o permettano altri risultati altrimenti impossibili con i conglomerati normali.

La loro produzione avviene in impianti industriali dove vengono intimamente miscelati i bitumi base modifica "BM" con polimeri di natura elastomerica e/o plastomerica e/o altre tipologie di modifica. I bitumi modificati, in funzione del tipo di modifica, vengono così definiti:

Bitume con modifica "MEDIUM"

Bitumi con modifica "HARD"

I bitumi con modifica " MEDIUM " possono essere impiegati nelle miscele di base, collegamento e usura, mentre i bitumi a modifica "HARD", utilizzabili in tutte le miscele, devono essere tassativamente impiegati nelle miscele particolari indicate nella Tavola sinottica I°.

I bitumi modificati, sia " MEDIUM " che "HARD", preparati da "MASTER" (bitume madre modificato con percentuali elevate di polimero) devono essere successivamente tagliati per aggiunta e miscelazione di bitume di base in percentuali tali da raggiungere le caratteristiche richieste nelle tabelle seguenti.

Per i bitumi modificati, sia " MEDIUM " che "HARD", il produttore deve certificare le seguenti caratteristiche: penetrazione a 25°C, punto di rammollimento, recupero elastico a 25°C e la stabilità allo stoccaggio. La certificazione deve accompagnare tassativamente il quantitativo trasportato.

Inoltre il produttore deve indicare, nella stessa modulistica di certificazione del prodotto trasportato,le condizioni di temperatura da attuare per le operazioni di: pompaggio, stoccaggio e di lavorazione (miscelazione). La produzione di bitumi modificati può avvenire anche agli impianti di fabbricazione dei conglomerati bituminosi, Certificati in Qualità, purché i bitumi prodotti abbiano le caratteristiche richieste nelle tabelle seguenti.

In questo caso i carichi di bitume base modifica devono essere testati almeno sui valori del punto di rammollimento e della penetrazione.

11.3.1.7 Bitumi con modifica “MEDIUM”

Tali bitumi vanno usati quando i bitumi tal quali non rientrano nelle caratteristiche richieste o non permettono le volute prestazioni dei conglomerati bituminosi per strati di base, collegamento ed usura. La modifica deve conseguire sul legante i seguenti risultati:

BITUME “MEDIUM”- LEGANTE “B”

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Penetrazione a 25°C	0,1 mm	UNI EN1426	50-70
Punto di rammollimento	°C	UNI EN1427	≥ 60
Punto di rottura (Fraass)	°C	UNI EN12593	≤ □ -10
Viscosità dinamica a160°C, ẏ=100s^{-1}	Pa*s	UNI EN13702-2	≥ 0.10 - ≤ 0,3
Ritorno elastico a25□C, 50mm/min	%	UNI EN13398	≥ 65
Stabilità allo stoccaggio, 3 gg, a180 Δ Punto di rammollimento	°C	UNI EN13399	≤ 3
Valori dopo RTFOT (*)			
Perdita per riscaldamento(volatilità) a163°C	%	UNI 12067-1	≤ □0,8
Penetrazione residua a 25°C	%	UNI EN1426	≥ 40
Incremento del Punto di rammollimento	°C □□9	UNI EN1427	≤ 8

11.3.1.8 Bitumi con modifica “HARD”

Le caratteristiche dei leganti con modifica “Hard” da impiegare per la realizzazione di conglomerati bituminosi “Hard” - CBH (Vedi tavola sinottica I°), conglomerati bituminosi drenanti (CBD), microtappeti ad elevata rugosità (MT), microtappeti superficiali a freddo tipo “Macro Seal” (MTF), mano di attacco per usure drenanti (MAD), mano di attacco per microtappeti (MAMT), mano di attacco per micro-usure (CBMU), mano di attacco tra membrane continue di impermeabilizzazione e pavimentazioni sulle opere d’arte (MAV), mano di attacco per PCP (lastra in cls ad armatura continua) (MAPCP), sigillature (S), giunti a tampone (GT), pavimentazioni di viadotti (CBV), sono riportate nelle tabelle che seguono. Tipologie di modifica diverse saranno valutate prima dell’uso, di volta in volta dal Centro Rilevamento Dati di Fiano Romano (SRC/MCL) della Committente.

BITUME HARD - LEGANTE “C”

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Penetrazione a 25°C	0,1 mm	UNI EN1426	50-70
Punto di rammollimento	°C	UNI EN1427	≥ 70
Punto di rottura (Fraass)	°C	UNI EN12693	≤ □ - 12
Viscosità dinamica a160°C, ẏ=100s^{-1}	Pa*s	UNI EN13702-2	≥ 0.15 - ≤ 0,40
Ritorno elastico a25□C, 50mm/min	%	UNI EN13398	≥ 80
Stabilità allo stoccaggio, 3 gg, a180 Δ Punto di rammollimento	°C	UNI EN13399	≤ 3
Resistenza a fatica, G*sinδ, 1.0kPa (0.145 psi), a10 rad/s, 50°C	Kpa	SHRP B-003	≥ 9
Valori dopo RTFOT (*)			
Perdita per riscaldamento(volatilità) a163°C	%	UNI EN 12607-1	≤ □0,8
Penetrazione residua a 25°C	%	UNI EN1426	≥ 40
Incremento del Punto di rammollimento	°C □□9	UNI EN1427	≤ 5

BITUME HARD - LEGANTE “D”(**)

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Penetrazione a 25°C	0,1 mm	UNI EN1426	50-70
Punto di rammollimento	°C	UNI EN1427	≥ 60
Punto di rottura (Fraass)	°C	UNI EN12593	≤ □ - 10
Viscosità dinamica a160°C, ẏ=100s^{-1}	Pa*s	UNI EN13702-2	≥ 0.05 - ≤ 0,20
Ritorno elastico a25□C, 50mm/min	%	UNI EN13398	≥ 60
Stabilità allo stoccaggio, 3 gg, a180 Δ Punto di rammollimento	°C	UNI EN13399	≤ 3
Valori dopo RTFOT (*)			
Perdita per riscaldamento(volatilità) a163°C	%	UNI 12607-1	≤ □0,8

Penetrazione residua a 25°C	%	UNI EN1426	≥ 40
Incremento del Punto di rammollimento	°C □□9	UNI EN1427	≤ 10

(**) Da usare in emulsione con acqua, agenti emulsionanti e flussanti

(****) Valori determinati sul residuo secco ricavato per distillazione del prodotto emulsionato (CNR100/84)

(*****) Rolling Thin Film Oven Test

BITUME HARD - LEGANTE "E"

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Penetrazione a 25°C	0,1 mm	UNI EN1426	20-40
Punto di rammollimento	°C	UNI EN1427	≥ 60
Punto di rottura (Fraass)	°C	UNI EN12593	≤ □ -10
Viscosità dinamica a160°C, ẏ=100s^{-1}	Pa*s	UNI EN13702-2	≥ 0.70 - ≤ 2,00
Ritorno elastico a25°C, 50mm/min	%	UNI EN13398	≥ 80
Stabilità allo stoccaggio, 3 gg, a180 Δ Punto di rammollimento	°C	UNI EN13399	≤ 4
Valori dopo RTFOT (*)			
Perdita per riscaldamento(volatilità) a163°C	%	UNI 12607-1	≤ □0,8
Penetrazione residua a 25°C	%	UNI EN1426	≥ 15
Incremento del Punto di rammollimento	°C □□9	UNI EN1427	≤ 10

I bitumi hard devono inoltre essere sottoposti a prova ReoDin (Metodologia Prova Interna CS-05) mediante reometro dinamico rotazionale (Dynamic Shear Rheometer).

La metodologia è con sistema piatto-piatto (25mm di diametro e 1 mm di apertura) con controllo di taglio (τ=200Pa con frequenza di oscillazione di 1,59 Hz), in controllo di temperatura (da 6°C a 86°C) e step di 0,017 °C/sec. I valori di G* (modulo complesso) e δ (angolo di fase) devono essere contenuti nei fusi qui riportati

Temperatura (°C)	Fuso G* (Pa)	Fuso δ (°)

5	3000000	7000000	2	10
10	2500000	6000000	6	16
15	1800000	4500000	11	30
20	900000	2800000	19	48
25	330000	1500000	28	61
30	120000	700000	37	66
35	50000	320000	42	68
40	24000	150000	45	69
45	11000	80000	46	70
50	5400	42000	46	70
55	3000	23000	47	71
60	1600	13000	48	72
65	900	8000	50	74
70	500	5000	52	78
75	300	3000	54	83
80	160	1800	58	87
85	100	1200	62	90

11.3.1.9 Emulsioni bituminose cationiche

Le emulsioni bituminose cationiche, definite leganti "F1" e "F2" nella tavola sinottica I° andranno usate di massima per le mani di attacco tradizionali per conglomerati bituminosi normali.

EMULSIONI BITUMINOSE CATIONICHE - LEGANTE "F1" e "F2"

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	" F1 " a rapida rottura (RR55)	" F2 " a media rottura (RM55)
Contenuto di acqua	% in peso	CNR n°100 a	≤ 45	≤ 40
Contenuto di legante (bitume + flussante)	% in peso	CNR n°100 b	≥ 55	≥ 60
Contenuto di flussante	% in peso	CNR n°100 c	≤ 2	≤ 6
Contenuto di bitume (residuo di distillazione), min	% in peso	ASTM D244-72	≥ 55	≥ 54
Viscosità Engler a 20°C	°E	IP 212/66	3 / 10	5 / 12
Carica delle particelle		ASTM D244-72	Positiva	Positiva
Penetrazione a 25°C, max	1/10 mm	CNR BU 24	≤ 220	≤ 220
Punto di rammollimento, min	°C	CNR BU 35	≥ 35	≥ 35

11.3.1.10 Attivanti chimici funzionali (A.C.F.)

Detti composti chimici sono da utilizzare come additivi per i conglomerati bituminosi a caldo (CB "Normali", CBM "Medium" e CBH "Hard" per strati di Base – in zone ad alto traffico su indicazione del centro rilevamento dati di Fiano Romano), per i Conglomerati Bituminosi riciclati a freddo (CBS e CBRF – in zone ad alto traffico su indicazione del centro rilevamento dati di Fiano Romano) e per i Conglomerati Drenanti Riciclati (CBDR – impiego indispensabile in ogni caso).

Gli A.C.F. rigenerano le caratteristiche del bitume invecchiato proveniente dalla fresatura di pavimentazioni bituminose (CBR) e rappresentano quei formulati studiati appositamente per migliorare la tecnologia del riciclaggio e/o l'impiego di riciclati in miscele tradizionali.

In particolare gli A.C.F. devono svolgere le seguenti funzioni:

- una energica azione quale attivante di adesione;
- peptizzante e diluente nei confronti del bitume invecchiato ancora legato alle superfici degli elementi lapidei costituenti il conglomerato fresato;
- plastificante ad integrazione delle frazioni malteniche perse dal bitume durante la sua vita;
- disperdente al fine di ottimizzare l'omogeneizzazione del legante nel conglomerato finale;
- antiossidante in contrapposizione agli effetti ossidativi dovuti ai raggi ultravioletti ed alle condizioni termiche della pavimentazione.

Gli A.C.F. devono avere le seguenti caratteristiche chimico-fisiche:

Caratteristiche	**Valore**
Densità a 25/25°C. (ASTM D - 1298)	0,900 - 0,950
Punto di infiammabilità v.a. (ASTM D - 92)	200 °C
Viscosità dinamica a60°C, ý = 100 s-1 (SNV 671908/74)	0,03 - 0,05 Pa*s
Solubilità in tricloroetilene (ASTM D - 2042)	99,5% in peso
Numero di neutralizzazione (IP 213)	1,5-2,5 mg/KOH/g
Contenuto di acqua (ASTM D - 95)	1% in volume
Contenuto di azoto (ASTM D - 3228)	0,8 - 1,0% in peso

L'accettazione degli A.C.F. è subordinata alle prove condotte dal Laboratorio di Fiano Romano della Società.

La loro presenza è verificata, sul bitume estratto dalle miscele, con il metodo di prova per la ricerca degli attivanti di adesione nei conglomerati bituminosi mediante analisi colorimetrica. Metodo che segue le designazioni fissate dalla normativa ASTM D 2327-68.

11.3.1.11 Dopes di adesione

Nella confezione dei conglomerati bituminosi in caso di impiego di inerti di natura acida, di bitumi di base e alcune modifiche soft (in base ai risultati di laboratorio), saranno impiegate speciali sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume-aggregato (agenti tensioattivi di adesività).

Si avrà cura di scegliere tra i prodotti in commercio quello che sulla base di prove comparative, effettuate presso il Laboratorio di Fiano Romano della Società, avrà dato i migliori risultati e che conservi le proprie caratteristiche chimiche anche se sottoposto a temperature elevate e prolungate. La presenza degli agenti tensioattivi nel legante bituminoso verrà accertata mediante prova Colorimetrica (Metodo che segue le designazioni fissate dalla normativa ASTM D 2327-68-Riapprovata nel 74).

Il dosaggio potrà variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto, tra il 0,2% ed il 0,4% in peso riferito al peso del bitume.

I tipi, i dosaggi e le tecniche di impiego devono ottenere il preventivo benestare del Laboratorio di Fiano Romano della Società. L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con idonee attrezzature tali da garantire la loro perfetta dispersione e l'esatto dosaggio nel legante bituminoso.

11.3.1.12 Modificanti strutturali (MST)

Sono quelle sostanze che si aggiungono al legante con funzioni modificanti connesse alle azioni di tipo meccanico, alla solidità e durabilità delle azioni leganti nel tempo, specialmente per i film leganti più impegnativi.

11.3.1.13 Fibre di natura minerale (vetro) e mista (vetro + agglomerante)

Per conglomerati bituminosi ad elevata % di vuoti (CBD, CBMD, MT, ECD), l'aggiunta della fibra è obbligatoria. La composizione chimico-fisica delle fibre di vetro è riportata in tabella seguente.

A tale proposito si precisa che è preferibile l'impiego di fibre di tipo MISTO in cui la fibra di vetro si presenta pressata ed agglomerata mediante l'impiego di un prodotto addensante (cellulosa o altro); tale trattamento ha lo scopo di evitare la dispersione in aria della fibra di vetro, consentire una dosatura più accurata nell'impasto bituminoso e di aumentare lo spessore delle pellicola di bitume che riveste l'inerte.

L'impiego di fibre di tipo MISTO o solo MINERALE richiede sempre, per il confezionamento in impianto delle miscele, opportuni macchinari in grado di dosare, disgregare e disperdere finemente le fibre nel conglomerato.

Ciascuna tipologia di fibra dovrà essere sottoposta alla preventiva approvazione del Laboratorio Centrale per la verifica di idoneità, che sarà volta a verificare l'effettivo miglioramento delle caratteristiche meccaniche delle miscele in cui vanno impiegate.

Nel caso di fibre di tipo MISTO la percentuale minima di fibra di vetro deve essere superiore al 70%.

Composizione Chimica
Vetro “E” (Filato di vetro)

	%	tolleranze
SiO2	54	± 0,5
Al2O3	14,4	± 0,5
Fe2O3	0,25	± 0,15
TiO2	0,25	± 0,15
CaO	22,1	± 0,4
MgO	0,6	± 0,1
SrO	0,15	± 0,1
Na2O	0,51	± 0,15
K2O	0,38	± 0,15
B2O3	6,8	± 0,4
SO3	0,035	± 0,005

Caratteristiche geometrico-meccaniche	Unità	Valore
Lunghezza media bavella	micron	200/300
Diametro medio fibra	micron	7/15
Superficie specifica fibra	cm2 /g	2700
Resistenza alla trazione	GPa	1,5 a 2,5
Allungamento massimo	%	1,5 a 2,5
Resistenza alla temperatura	°C	≥ □550

11.3.2 CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO

Nella tavola sinottica di sintesi sono riportate le composizioni indicative dei formulati riferiti alle miscele di tipo normale e di tipo speciale di conglomerati bituminosi confezionati a caldo in impianto. I conglomerati bituminosi normali sono quelli confezionati con bitume di base; per quelli speciali sono previsti due tipi di legante, uno a modifica “Medium” l’altro a modifica “Hard”. Esistono anche altri tipi di conglomerato non riportati nella tavola che segue per impieghi particolari e/o di tipo sperimentale; tutti sono descritti in appositi articoli e dovranno formare le prestazioni richieste.

TAVOLA SINOTTICA

COMPOSIZIONE				
Tipi di Conglomerato	Strati di impiego	Materiali freschi (% di impiego nella miscela)	Materiali fresati (% di impiego nella miscela)	Attivanti Chimici Funzionali [A.C.F.] (% in peso riferita al bitume totale)
CB "Normali"	Base	≥ 75	< 25	3 – 5 (*)
	Collegamento	≥ 85	≤ 15	-----
	Usura	≥ 90	≤ 10	-----
CBM "Medium"	Base	≥ 70	≤ 30	3 – 5 (*)
	Collegamento	≥ 75	≤ 25	-----
	Usura	≥ 80	≤ 20	-----
CBH "Hard"	Base	≥ 80	≤ 20	3 – 5 (*)
	Collegamento	≥ 85	≤ 15	-----
	Usura	≥ 90	≤ 10	-----

(*) in zone ad alto traffico e su indicazione del centro rilevamento dati della Società di Fiano Romano

11.3.2.1 Prescrizioni generali

Per la verifica preliminare di idoneità degli studi di progetto che l'impresa intende adottare per ogni cantiere di produzione, almeno tre mesi prima l'inizio delle lavorazioni, l'impresa ha l'obbligo di fare eseguire a sue spese, presso laboratorio autorizzato, prove di accettazione e di idoneità di tutti gli elementi che compongono le miscele di progetto (aggregati, bitume, additivi ecc.). Gli studi di progetto devono essere presentati in originale e firmati dal responsabile dell'impresa alla D.L. e devono essere corredati da una completa documentazione delle formulazioni effettuate.

Durante i lavori l'impresa esecutrice dovrà attenersi rigorosamente alla formulazione di progetto accettata e definita anche ai fini del pagamento, operando i controlli di produzione e di messa in opera secondo il Sistema di Qualità da essa adottato. Presso i Cantieri di produzione deve essere a disposizione della D.L. un registro in cui siano riportati tutti i controlli di qualità operati dall'impresa con i risultati ottenuti.

La D.L. potrà effettuare in contraddittorio, in ogni momento a suo insindacabile giudizio, in cantiere, alla stesa ed in impianto, prelievi, controlli, misure e verifiche sia sui singoli componenti della miscela che sul prodotto finito, sulle attrezzature di produzione, accessorie e di messa in opera.

Molte delle indicazioni che seguono in questo articolo sono di tipo comportamentale e non eliminano, anche se seguite alla lettera, le responsabilità dell'impresa sui risultati finali del prodotto in opera; comunque anche le richieste comportamentali, se disattese, possono generare azioni di correzione da parte della Direzione Lavori.

La non rispondenza dei requisiti meccanici Rt, CTI e di quelli Volumetrici (questi ultimi calcolati con la % di legante di estrazione o, in mancanza, con la % di legante della miscela

di progetto) comporta, dopo eventuale ulteriore verifica, la sospensione dei lavori sino alla risoluzione delle anomalie rilevate e/o l'applicazione delle penali.

Variazioni percentuali nella composizione granulometrica, rispetto alla curva di progetto proposta, di ± 5% per l'aggregato grosso e/o ± 3% per il contenuto di sabbia CNR B.U. n° 95 del 31.01.1984 (per sabbia si intende il passante al setaccio UNI 2 mm, e/o di ± 1,5 per il passante al setaccio UNI 0,075) e/o scostamenti percentuali del contenuto di bitume progettuale superiori a ± 0,25, e/o variazioni della miscela degli inerti, qualora determinano nella miscela finale sia scompensi volumetrici che prestazionali, comportano l'applicazione di penali.

Per quanto rigurda il contenuto del bitume, la tolleranza percentuale sopraindicata (± 0,25) che tiene normalmente conto della "incertezza di misura" collegata all'esecuzione della prova di estrazione, viene aumentata di un'ulteriore quantità (pari a 0,25) per tenere conto delle perdite di legante che si verificano nei passaggi intermedi prima dell'esecuzione della prova.

L'idoneità finale delle miscele superficiali sono condizionate dall'analisi eseguite mediante test accelerati di resistenza all'attrito radente di tipo "Abrasimetro Rotazionale" od altro sistema ad insindacabile scelta della D.L..

11.3.2.2 Materiali fresati

Per ogni lavorazione, le percentuali in peso di materiale fresato definito di "integrazione" riferite al totale della miscela degli inerti, devono essere comprese nei limiti riportati nella tavola sinottica.

Per conglomerato bituminoso preesistente fresato, denominato "materiale da integrazione" deve intendersi quello proveniente dalla frantumazione in frantoio di lastre o blocchi di conglomerati demoliti con sistemi tradizionali, oppure dalla fresatura in sito eseguita con idonee macchine (preferibilmente a freddo).

Il conglomerato di recupero deve essere preventivamente qualificato in conformità alla norma UNI EN13108-8.

Per l'ottimizzazione della curva granulometrica del fresato e del legante presente e per consentire lavorazioni uniformi, nel caso di utilizzo di materiali provenienti da fresature diverse sia per provenienza che per natura, potrebbe essere necessaria, prima del suo impiego, una ulteriore granulazione; occorre tener presente che tale operazione determina un ulteriore aumento delle parti fini nel materiale.

Il restante materiale deve essere costituito da inerti freschi con i requisiti di accettazione previsti per i conglomerati.

Si deve usare materiale fresato di qualsiasi provenienza per impieghi negli strati di base e collegamento; materiali provenienti da strati superficiali (usura, microtappeto, drenante ecc) per lo strato di usura.

Il bitume finale deve essere costituito da quello fresco (MODIFICA "SOFT") e da quello proveniente dal materiale fresato additivato con A.C.F..

I requisiti richiesti dalle prescrizioni progettuali valgono sia per miscele che prevedono l'impiego di materiale da integrazione che per miscele completamente vergini.

11.3.3 Conglomerati bituminosi di base, collegamento, usura confezionati con bitume “Normale”, “Medium” e “Hard”

11.3.3.1 Descrizione

I conglomerati sono costituiti da una miscela di inerti naturali freschi, riciclati, artificiali, sintetici (argilla espansa, scorie siderurgiche, loppe ecc.) ovvero dalla loro combinazione percentuale, impastati a caldo con bitume, in impianti automatizzati a volte dotati di sistemi di riscaldamento indiretto degli inerti provenienti da fresature di pavimentazioni ammalorate, di tipo continuo (Drum Mixer) o discontinuo (sistema a vagliatura), doppio tamburo ecc.

I cumuli delle diverse classi di inerti devono essere nettamente separati tra di loro, in zone prive di ristagni ed acqua e di sostanze argillose.

Il conglomerato per i vari strati (base, collegamento, usura) è posto in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con idonei rulli.

11.3.3.2 Aggregati

Gli aggregati impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

Gli aggregati devono essere costituiti da elementi interi, duri, di forma poliedrica, puliti esenti da polvere e da materiali estranei secondo le norme UNI EN 13043. Gli elementi litoidi non devono mai avere forma appiatita, allungata o lenticolare.

La miscela di inerti è costituita dall’insieme degli aggregati grossi e degli aggregati fini ed eventuali addittivi (filler) secondo la definizione delle norme UNI EN 13043, con la possibilità di impiegare inerti di diversa natura.

Nelle miscele potranno essere utilizzati, previa approvazione della D.L., inerti di I categoria.

Viene considerato inerte di I categoria un materiale omogeneo, la cui frazione grossa, ha un valore di levigabilità (norma UNI EN 1097-8) VL (denominato CLA dalla precedente norma CNR140/92) ≥ 45, una resistenza alla frantumazione (norma UNI EN 1097-2) L.A. < 18 e coefficienti di forma (norma UNI EN 933-4) ed appiattimento (norma UNI EN 933-3) rispettivamente SI<10 e FI<10.

L’aggrgato grosso e fine deve essere costituito da inerti che potranno essere di provenienza o natura petrografia diversa, purchè alle prove di seguito elencate eseguite sui campioni rispondenti alla miscela che si intende formare, dia i risultati richiesti.

I cumuli delle diverse classi di inerti devono essere nettamente separati tra di loro, in zone prive di ristagni ed acqua e di sostanze argillose.

Prima dell’inizio delle lavorazioni l’impresa deve avere stoccato una quantità di materiale necessaria ad assicurare almeno due settimane di lavorazione (considerando 80% della potenzialità produttiva dell’impianto).

11.3.3.3 Posa in opera

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Le vibrofinitrici devono lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di due finitrici.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spalmato con emulsione bituminosa cationica al 55% in peso per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 10 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia di circa 1 metro di larghezza, normalmente interessate dalle ruote dei veicoli pesanti, adiacenti alle strisce di segnaletica orizzontale che la delimitano.

Per garantire la perfetta continuità tra gli strati sovrapposti della pavimentazione deve essere previsto l'impiego di una emulsione bituminosa cationica al 55% uniformemente distribuita, anche sui bordi verticali, in una quantità variabile tra 0,5 e 1,0 kg/m2 in funzione dello stato superficiale della pavimentazione, salvo in quei casi in cui è prevista una diversa mano di attacco.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'impianto (in fase di confezionamento) deve essere indicativamente non superiore a 180° C in rapporto al tipo di bitume impiegato (è comunque raccomandabile operare alle condizioni indicate dal produttore del bitume); la temperatura del conglomerato all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento non inferiore a 140° C.

La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

La compattazione dei conglomerati deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento deve essere realizzato solo con rulli gommati di idoneo peso (almeno 30 kN gomma) e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili. La finitura del conglomerato dovrà essere realizzata con l' utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 140 kN, cosi come per le operazioni di finitura dei giunti e riprese.

Per lo strato di base a discrezione della D.L. potranno essere utilizzati rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati.

Gli strati eventualmente compromessi (che presentano ad esempio: anomalie di stesa o di compattazione, perdite di materiale, giunti longitudinali o giunti trasversali di ripresa mal

eseguiti, aperti o sgranati) devono essere rimossi e ricostruiti a cura e spese dell'Impresa; il verificarsi di tali eventi comporterà comunque l'applicazione di penali.

Al termine della compattazione gli strati di base, collegamento e usura devono avere una percentuale assoluta dei vuoti non superiore all' 8%, valutata con i dati del giorno (densità massima della miscela - Gmm), o in mancanza dei dati di controllo di cantiere o nei casi controversi, con il valore di progetto. In caso di contestazione la percentuale dei vuoti verrà determinata secondo la UNI EN 12697-8).

I dati di densità in sito possono essere assunti come prestazionali in carenza di altre misure di portanza.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie degli strati deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; deve essere tollerato uno scostamento di 5 mm.

Per lo strato di base la miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della fondazione dopo che sia stata accertata dalla D.L. la rispondenza di questa ultima ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza.

Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato o simili, per garantirne l'ancoraggio deve essere rimossa la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione acida al 55% stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso.

Procedendo la stesa in doppio strato i due strati devono essere sovrapposti nel più breve tempo possibile; tra di essi deve essere eventualmente interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa non inferiore a 0,5 Kg/m2.

11.3.3.4 Prescrizioni progettuali

11.3.3.4.1 *Percentuale di frantumato nella miscela inerti superiore a 2 mm.*

Strato di base : minimo 65% di inerte frantumato.

Strato di collegamento : 100% di inerte frantumato (*), escluso quello proveniente da eventuali integrazioni.

Strato di usura : 100% di inerte frantumato (**) escluso inerti non naturali.

(*) Per inerte frantumato si intende un inerte che non abbia nessuna faccia arrotondata.

(**) Considerata l'eterogeneità della natura mineralogica di provenienza (silicea, calcarea, ecc.) dei materiali alluvionali, la percentuale di impiego nelle miscele superficiali sarà definita di volta in volta nelle curve di progetto con la Direzione Lavori.

11.3.3.4.2 *Percentuale di frantumato nella miscela inerti inferiore a 2 mm.*

Strato di base : minimo 60%

Strato di collegamento : minimo 65%

Strato di usura : minimo 80%

Le sabbie di frantumazione devono provenire da sabbie naturali, artificiali o sintetiche.

11.3.3.4.3 *Los Angeles*

La perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature (UNI EN 1097-2) deve essere:

Strato di base : $\leq$ 25% in peso.

Strato di collegamento : $\leq$ 25% in peso.

Strato di usura : $\leq$ 20% in peso.

11.3.3.4.4 *Sensibilità al gelo*

La sensibilità al gelo eseguita sulle singole pezzature (UNI EN 1367-1), in riferimento alla perdita di massa, deve essere :

Strati di base e di collegamento : $\leq$ 2%.

Strato di usura : $\leq$ 1%.

In riferimento alla perdita di resistenza all'abrasione, il valore deve essere:

Strati di base e di collegamento : $\leq$ 30%.

Strato di usura : $\leq$ 20%.

11.3.3.4.5 *Strati di usura: Valore di levigabilità VL (norma UNI EN 1097-8) e VLmix.(denominati CLA e CLA mix nelle precedenti NTA)*

Deve essere misurato il valore di VL per ogni pezzatura utilizzata, comprese le sabbie (roccia di provenienza) ed il fresato (materiale estratto); il valore di VL misurato sulle singole pezzature, escluse le sabbie, deve essere $\geq$ 40.

La somma dei trattenuti in peso delle sabbie impiegate, superiore a 2 mm, non deve superare nella curva granulometrica finale il 10% in peso quando le stesse sabbie provengano da rocce aventi un valore di VL ≤ 40

Il valore VL_{mix}, degli inerti viene ricavato dagli elementi uguali o superiori a 2 mm per ciascuna pezzatura impiegata.

Calcolo del VL_{mix},:

a) Si misurano le MVA (massa volumetrica apparente) di tutte le pezzature escludendo il passante al 2 mm.

b) La somma delle percentuali di impiego, per la costruzione della curva granulometrica di progetto, di ogni singola pezzatura viene riportata a 100%, in quanto mancanti del passante al 2 mm.

c) Le nuove percentuali di impiego vengono trasformate in percentuali volumetriche utilizzando le MVA (vedi punto a) e riportate anch'esse a 100%;

d) Il valore VLmix viene calcolato dalla somma del prodotto diviso per 100 della percentuale volumetrica di ogni pezzatura (comprese la sabbia) utilizzata per il relativo valore di VL.

11.3.3.4.6 *Coefficiente di imbibizione*

Il Coefficiente di imbibizione (CNR fascicolo IV/1953) eseguito sulle singole pezzature:

Strato di base e di collegamento : ≤ 0.015.

Strato di usura: da definire in fase di progetto in funzione della natura degli inerti utilizzati.

11.3.3.4.7 *Coefficiente di forma*

I coefficienti di forma "SI" (UNI EN 933-4) e di appiattimento "FI" (UNI EN 933-3) dovranno essere per tutti gli strati minori o uguale al 10%.

11.3.3.4.8 *Equivalente in sabbia*

L'equivalente in sabbia determinato sulle singole pezzature fini, deve essere per tutti gli strati >70% (UNI EN 933-8).

11.3.3.4.9 *Spogliamento in acqua*

Per lo strato di usura lo spogliamento in acqua a 40 °C (con dopes di adesione) deve essere 0% (CNR 138/92). In casi particolari, cioè in presenza di inerti ad elevata acidità, la Committente si riserva sistemi di indagine più approfonditi.

11.3.3.4.10 *Additivi*

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti, rocce sintetiche o artificiali, devono soddisfare i seguenti requisiti:

- Il potere rigidificante con un rapporto filler/bitume pari a 1,5 il ΔPA deve essere > 5°C (UNI EN 13179-1).
- alla prova granulometrica i passanti in peso devono soddisfare i seguenti limiti minimi:
  - Setaccio UNI 0,40 - Passante in peso per via umida 100%
  - Setaccio UNI 0,18 - Passante in peso per via umida 90%
  - Setaccio UNI 0,075 - Passante in peso per via umida 80%.
  - Della quantità di additivo minerale passante per via umida al setaccio 0,075 mm più del 50% deve passare allo stesso setaccio anche a secco
- L'indice di plasticità deve risultare non plastico (NP) (norma UNI CEN ISO/TS 17982-12).

11.3.3.4.11 *Argilla espansa – Resistenza allo schiacciamento*

Argilla espansa di tipo resistente, pezzatura 3/11: $\geq$ 2,7 MPa (UNI EN 13055-2).

11.3.3.4.12 *Miscele*

Le miscele dei conglomerati devono avere una composizione granulometrica compresa nei fusi di seguito elencati e una percentuale di bitume riferita al peso totale degli inerti, compresa tra i sotto indicati intervalli per i diversi tipi di conglomerato.

Composizioni granulometriche indicative (fusi da usare come limiti nelle curve di progetto).

Serie e setacci UNI EN 933-1	Passante totale % in peso			
	STRATO DI BASE	STRATO DI COLLEGAMENTO	STRATO DI USURA TIPO "A"	STRATO DI USURA TIPO "B"
31,5	100	100	100	100
20	73 – 94	85 - 98	100	100
14	51 – 76	70 - 87	94 - 100	100
10	40 – 64	58 - 78	77 - 94	81 - 94
6.3	31 – 55	46 - 66	57 - 76	57 - 76
2	19 – 38	25 - 38	25 - 38	25 - 38
0,5	8 – 21	11 - 21	12 - 22	12 - 22
0,25	5 – 16	7 - 17	9 - 17	9 - 17
0,063	4 – 8	4 - 8	6 - 10	6 - 10

Fuso A - usure da 4 - 6 cm

Fuso B - usure da 3 cm

11.3.3.4.13 *Prove volumetriche e meccaniche*

I conglomerati bituminosi devono possedere elevata resistenza meccanica elastoviscoplastica, cioè capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli ed elevatissima resistenza a fatica, intesa come capacità di sopportare il numero più alto possibile di ripetizioni di carico senza fessurarsi o disgregarsi.

La miscela di Progetto deve essere analizzata mediante l'apparecchiatura "Pressa Giratoria" (UNI EN 12697-31/2004).

Gli impianti di confezionamento dovranno dotarsi della apparecchiatura suddetta a sostituzione di quella Marshall.

11.3.3.4.14 *Pressa giratoria – Condizioni di prova*

Angolo di rotazione : 1.25° ± 0.02°

Velocità di rotazione : 30 rotazioni al minuto

Pressione verticale ,KPa : 600

Dimensioni provino, mm : 150 per strato di base

Dimensioni provino, mm : 100 per strato di collegamento ed usura

11.3.3.5 Requisiti di idoneità

11.3.3.5.1 *Pressa giratoria - Vuoti*

BASE NORMALE	**BASE MEDIUM**	**BASE HARD**
a 10 rotazioni: % vuoti 12÷15	a 10 rotazioni: % vuoti 12÷15	a 10 rotazioni: % vuoti 12÷15
a 100 rotazioni: % vuoti 3 ÷ 5 (*)	a 110 rotazioni: % vuoti 3 ÷ 5 (*)	a 120 rotazioni: % vuoti 3 ÷ 5 (*)
a 180 rotazioni: % vuoti ≥ 2	a 180 rotazioni: % vuoti ≥ 2	a 200 rotazioni: % vuoti ≥ 2
COLLEGAMENTO NORMALE	**COLLEGAMENTO MEDIUM**	**COLLEGAMENTO HARD**
a 10 rotazioni: % vuoti 12÷15	a 10 rotazioni: % vuoti 12÷15	a 10 rotazioni: % vuoti 12÷15
a 100 rotazioni: % vuoti 3 ÷ 5 (*)	a 110 rotazioni: % vuoti 3 ÷ 5 (*)	a 120 rotazioni: % vuoti 3 ÷ 5 (*)
a 180 rotazioni: % vuoti ≥ 2	a 190 rotazioni: % vuoti ≥ 2	a 200 rotazioni: % vuoti ≥ 2
USURA NORMALE	**USURA MEDIUM**	**USURA HARD**
a 10 rotazioni: % vuoti 12÷15	a 10 rotazioni: % vuoti 12÷15	a 10 rotazioni: % vuoti 12÷15
a 130 rotazioni: % vuoti 3 ÷ 5 (*)	a 140 rotazioni: % vuoti 3 ÷ 5 (*)	a 150 rotazioni: % vuoti 3 ÷ 5 (*)
a 220 rotazioni: % vuoti ≥ 2	a 230 rotazioni: % vuoti ≥ 2	a 240 rotazioni: % vuoti ≥ 2

11.3.3.5.2 *Resistenza a trazione indiretta*

I provini derivanti dalla miscela ottimale (Dg) compattati mediante l'apparecchiatura "Pressa Giratoria" devono essere sottoposti a prova di rottura diametrale a 25°C (UNI EN 12697-23).

I requisiti di idoneità richiesti dalla prova devono essere i seguenti:

Inerti	BASE NORMALE		BASE MEDIUM/HARD	
	Rt N/mm^2	CTI N/mm^2	Rt N/mm^2	CTI N/mm^2
Vergini	0,50 - 0,80	≥ 40	0,90 - 1,55	≥ 80
Vergini+ fresato	0,75 - 1,35	≥ 70	0,95 – 1,55	≥ 80
	COLLEGAMENTO NORMALE		**COLLEGAMENTO MEDIUM/HARD**	
Vergini	0,50 - 0,80	≥ 40	0,90 - 1,55	≥ 80
Vergini+ fresato	0,75 - 1,35	≥ 70	0,95 - 1,55	≥ 80
	USURA NORMALE		**USURA MEDIUM/HARD**	
Vergini	0,60 - 0,90	≥ 45	0,90 - 1,55	≥ 80
Vergini+ fresato	0,75 - 1,35	≥ 70	0,95 – 1,55	≥ 80

11.3.3.5.3 *Prova Marshall*

I provini devono essere confezionati con materiale prelevato presso l'impianto di produzione e costipato, senza alcun ulteriore riscaldamento, alla temperatura prescritta dalla norma UNI EN 12697-34/2004.

Alla stesa deve essere rilevata la temperatura di compattazione della miscela e se questa dovesse risultare inferiore ad una temperatura minima (correlata alla tipologia di bitume utilizzata) la Direzione Lavori, in presenza dell'Appaltatore, deve impedire l'impiego di tale materiale sulla tratta già posta in opera nelle stesse condizioni sopra menzionate. Devono inoltre essere eseguite prove atte al rilevamento del grado di addensamento raggiunto dalla pavimentazione.

I valori della stabilità Marshall (UNI EN 12697-34/2004), eseguita a 60 °C su provini costipati alla temperatura prescritta dalla Norma UNI EN 12697-34/2004 con 75 colpi di

maglio per faccia, il Modulo di Rigidezza Marshall, e la percentuale dei Vuoti in volume (UNI EN 12697-8/2003) dovranno risultare:

	BASE NORMALE	**BASE MEDIUM**	**BASE HARD**
Stabilità Marshall (daN)	≥ 900	≥ 1100	≥ 1100
Modulo di Rigidezza (daN/mm)	≥ 250	300 - 500	300 - 500
Vuoti residui in volume (%)	3 - 5	3 - 5	3 - 5
	COLLEGAMENTO NORMALE	**COLLEGAMENTO MEDIUM**	**COLLEGAMENTO HARD**
Stabilità Marshall (daN)	≥ 1000	≥ 1100	≥ 1100
Modulo di Rigidezza (daN/mm)	≥ 250	300 - 500	300 - 500
Vuoti residui in volume (%)	3 - 5	3 - 5	3 - 5
	USURA NORMALE	**USURA MEDIUM**	**USURA HARD**
Stabilità Marshall (daN)	≥ 1100	≥ 1200	≥ 1200
Modulo di Rigidezza (daN/mm)	≥ 250	300 - 500	300 - 500
Vuoti residui in volume (%)	3 - 5	3 - 5	3 - 5

11.3.3.5.4 *Resistenza a trazione indiretta*

I provini derivanti dalla miscela ottimale compattati mediante il sistema Marshall devono essere sottoposti a prova di rottura diametrale alle temperature di 10, 25 e 40 °C (UNI EN 12697-23/2006). I requisiti di idoneità richiesti dalla prova devono essere i seguenti:

T °C	**BASE NORMALE**		**BASE MEDIUM**		**BASE HARD**	
	Rt N/mm^2	CTI N/mm^2	Rt N/mm^2	CTI N/mm^2	Rt N/mm^2	CTI N/mm^2

10	1,30 - 2,20	≥ 140	1,40 - 2,30	≥ 160	1,50 - 2,40	≥ 160
25	0,40 - 1,10	≥ 60	0,50 - 1,20	≥ 70	0,60 - 1,30	≥ 80
40	0,20 - 0,60	≥ 35	0,20 - 0,70	≥ 35	0,30 - 0,80	≥ 40
	COLLEGAMENTO NORMALE		**COLLEGAMENTO MEDIUM**		**COLLEGAMENTO HARD**	
	Rt N/mm^2	CTI N/mm^2	Rt N/mm^2	CTI N/mm^2	Rt N/mm^2	CTI N/mm^2
10	1,40 - 2,30	≥ 150	1,50 - 2,40	≥ 160	1,60 - 2,50	≥ 160
25	0,50 - 1,10	≥ 70	0,60 - 1,20	≥ 80	0,70 - 1,30	≥ 80
40	0,25 - 0,70	≥ 40	0,25 - 0,80	≥ 45	0,30 - 0,90	≥ 45
	USURA NORMALE		**USURA MEDIUM**		**USURA HARD**	
	Rt N/mm^2	CTI N/mm^2	Rt N/mm^2	CTI N/mm^2	Rt N/mm^2	CTI N/mm^2
10	1,50 - 2,70	≥ 160	1,50 - 2,80	≥ 160	1,60 - 2,90	≥ 160
25	0,70 - 1,20	≥ 80	0,70 - 1,30	≥ 80	0,80 - 1,40	≥ 80
40	0,30 - 0,8	≥ 45	0,30 - 0,90	≥ 50	0,40 - 1,00	≥ 50

11.3.3.5.5 *Modulo complesso (E)*

Sulla miscela definita, a tre temperature 0 °C, 10 °C e 20 °C ed alle frequenze di 10, 15 e 30 Hz, con idonei sistemi dinamici, deve essere misurato il modulo complesso E* in Mpa del conglomerato (UNI EN 12697-26).

La determinazione dei moduli complessi avrà la funzione di fornire elementi numerici al progettista dell'intervento, ed un riferimento al controllo non distruttivo in sito.

11.3.3.6 Miscele di usura con impiego di argilla espansa

Le miscele di usura confezionate con inerti di argilla espansa, conferiscono alla superficie stradale incrementi di caratteristiche di aderenza rispetto alle miscele con soli inerti naturali, ed una certa media fono-assorbenza.

11.3.3.6.1 *Aggregati*

Valgono i seguenti requisiti per le argille:

- argilla espansa di tipo "resistente" pezzatura: 3/11 mm;

- resistenza del granulo allo schiacciamento ≥2,7 MPa (UNI EN 13055-2).;
- valore di levigabilità VL. (UNI EN 1097-8) ≥ 65.

L'argilla espansa, in cantiere, deve essere convenientemente protetta dalla pioggia con teli di plastica o ammannita al coperto.

11.3.3.6.2 *Confezione delle miscele*

La miscela degli aggregati deve avere una composizione granulometrica compresa nel seguente fuso:

UNI EN 933-1	Passante totale in peso %
Setaccio 14	100
" 10	82-93
" 6,3	57-77
" 4	39-59
" 2	25-38
" 0,5	12-22
" 0,125	7-13
" 0,063	6-10

Il tenore di bitume, di tipo Normale, Medium o Hard, del tipo "A" riferito al peso totale degli aggregati deve essere compreso tra il 5,5% ed il 7,0%; la percentuale di argilla espansa deve essere compresa tra il 10% ed il 15% in peso.

Dalla granulometria eseguita sulla pezzatura 3/11mm. la percentuale di trattenuto al setaccio UNI da 8 mm deve essere inferiore od uguale al 10% in peso; inoltre la percentuale di passante al setaccio UNI con apertura 2 mm deve essere inferiore od uguale al 10% in peso.

L'utilizzazione di percentuali maggiori o minori di argilla espansa, con diverse caratteristiche meccaniche, di composizione e/o granulometriche per impieghi non specificati dalle presenti N.T.A., devono essere definite di volta in volta in fase di studio e di progetto con la D.L.

11.3.3.6.3 *Requisiti di accettazione*

Il conglomerato così composto deve rispondere agli stessi requisiti richiesti per le miscele di Usura senza argilla, confezionate con bitume di tipo Normale, Medium o Hard.

11.3.3.6.4 *Posa in opera delle miscele*

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati tradizionali.

12 STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO

12.1 PIEZOMETRO ELETTRICO

12.1.1 Generalità

Il piezometro elettrico installato in un foro di sondaggio consente di misurare direttamente la pressione o sovrappressione interstiziale in un terreno fine limoso-argilloso.

12.1.2 Caratteristiche della strumentazione

La strumentazione da installare nel foro dovrà essere costituita da:

- piezometro elettrico assoluto con sensibilità pari allo 0.01 % del fondo scala, precisione pari allo 0.3% del fondo scala, deriva termica di zero inferiore all'1% del fondo scala (nel campo di compensazione); il campo di misura, fino ad un massimo di 20 bar, sarà stabilito dal progetto delle indagini o dalla Direzione Lavori;

Le caratteristiche generali del trasduttore dovranno essere le seguenti:

Principio di funzionamento	A corda vibrante
Campo di misura	Da definire
Massimo sovraccarico	30 % del F.S.
Deriva termica	Non superiore a 0,05% del FS /°C
precisione	0.3% F.S.
sensibilità	0.01% F.S.
Segnale in uscita	frequenza
Campo di temperatura	-10 ÷ +55°C
Materiale	Acciaio inox

- cavo elettrico di collegamento tra il piezometro e la superficie con terminale di misura alloggiato in pozzetto di protezione o cablato fino a centralina di acquisizione dati, avendo la massima cura, durante le successive lavorazioni in cantiere, a non danneggiare i cavi di segnali.

L'utilizzo di piezometri elettrici con caratteristiche tecniche differenti da quanto sopra riportato dovrà essere preventivamente autorizzato dalla Direzione Lavori.

12.1.3 Preparazione del foro

La perforazione del foro di sondaggio in cui andrà installato il piezometro dovrà essere eseguita utilizzando, come fluido di circolazione, acqua oppure fango a polimeri degradabili. In nessun caso è permesso l'uso di fango bentonitico.

Se il piezometro non deve essere posato a fondo foro, il foro dovrà essere riempito, ritirando man mano il rivestimento, fino ad una quota di 0.5 m più bassa di quella di installazione, con una miscela acqua-cemento-bentonite in proporzioni tali che la consistenza della miscela, a posa avvenuta, sia simile a quella del terreno nella zona del piezometro.

Una volta avutasi la presa, il foro deve essere accuratamente lavato con acqua pulita (previo degrado nel caso di presenza di fango a polimeri), interponendo se necessario un sottile tappo di palline di bentonite e ghiaietto per stabilizzare il tetto della miscela plastica.

Al fine di evitare perdite di saturazione del piezometro durante le fasi di installazione il foro dovrà essere mantenuto costantemente pieno d'acqua. Inoltre prima dell'inserimento nel foro il piezometro, contenuto in un sacchetto di geotessile riempito di sabbia e acqua, dovrà essere inserito in un secondo sacchetto impermeabile pieno d'acqua da rompere una volta immerso in acqua all'interno del foro di sondaggio. L'inserimento del piezometro nel sacchetto di geotessile e nel sacchetto impermeabile dovrà essere eseguito all'interno di un contenitore pieno d'acqua.

12.1.4 Installazione

L'installazione seguirà le seguenti fasi, avendo cura, per ogni singolo step, di scandagliare la profondità del foro in modo da rispettare la profondità di posa di progetto:

- posa di uno spessore di 0.5 m di sabbia fine e pulita;
- discesa a quota del piezometro elettrico, inserito all'interno di un sacchetto di geotessile riempito di sabbia e acqua, e del cavo elettrico di collegamento;
- posa di sabbia attorno al piezometro e al di sopra per circa 0.5 m, ritirando man mano il rivestimento, senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che cella e cavi non risalgano assieme al rivestimento;
- posa di un tampone impermeabile dello spessore complessivo di 1 m, realizzato inserendo bentonite in palline (Ø = 1 ÷ 2 cm) in strati di 20 cm alternata a ghiaietto in strati di 2 ÷ 3 cm, ritirando sempre man mano il rivestimento;
- riempimento del foro al di sopra del tampone impermeabile con una miscela plastica acqua-cemento-bentonite (con proporzioni in peso rispettivamente di 100, 30 e 5), calata attraverso apposite aste discese sul fondo del foro;
- sistemazione e protezione della boccaforo con la creazione di un chiusino in acciaio verniciata, ben cementato nel terreno, munito di coperchio con lucchetto e chiavi che verranno consegnate alla Direzione Lavori; nel caso di installazione in luoghi aperti al traffico veicolare o pedonale (strade, piazzali, marciapiedi), e solo su specifica richiesta della D.L., in luogo del chiusino standard dovrà essere installato idoneo chiusino carrabile in ghisa, posto in opera a filo della pavimentazione esistente;

- al termine dell'installazione dovrà essere eseguito il rilievo topografico fornendo le coordinate plano-altimetriche della testa dello strumento. Dovrà inoltre essere installato, un paletto identificativo con codifica dello strumento adiacente allo stesso. In alternativa, si potrà rivettare al chiusino, o al coperchio, un'etichetta metallica con l'identificativo dello strumento
- esecuzione della prima lettura significativa tramite centralina portatile.
- Sistemazione dei cavi di segnale a boccaforo in scatola di centralizzazione per lettura con centralina portatile o cablaggio a Unità di Acquisizione dati.

12.1.5 Documentazione richiesta relativa all'installazione

La documentazione dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- codifica dello strumento;
- stratigrafia del foro di sondaggio (se eseguito a carotaggio continuo);
- schema di installazione del piezometro nel foro;
- documentazione tecnica del piezometro rilasciata dal produttore, con indicazione del tipo di strumento e delle relative caratteristiche tecniche;
- Quota del piano campagna, quota assoluta o relativa e coordinate planimetriche della testa di misura;
- Stralcio planimetrico di Progetto con indicazione dell'ubicazione dello strumento;
- certificato di taratura del sensore piezometrico, con indicazione della sensibilità iniziale e della deriva strumentale, di data non anteriore di sei mesi la data di posa;
- tabella con le letture eseguite per la determinazione della prima lettura significativa.

12.2 TUBO INCLINOMETRICO

12.2.1 Generalità

L'installazione di un tubo inclinometrico in un foro di sondaggio consente, attraverso misure ripetute nel tempo, la misura dello spostamento orizzontale del terreno lungo tutta la verticale. Tali misure vengono effettuate introducendo nel tubo una apposita sonda inclinometrica che, dotata di sensori servoaccelerometrici di elevata precisione, consente di misurare l'inclinazione del tubo in corrispondenza di una determinata sezione.

12.2.2 Normative e specifiche di riferimento

ASTM D 4622 - 86 (1993) - Standard Test Method for Rock Mass Monitoring Using Inclinometers.

12.2.3 Caratteristiche della strumentazione

I tubi inclinometrici dovranno essere di alluminio o in ABS e dovranno avere una sezione circolare provvista di quattro scanalature con funzione di guida per la sonda inclinometrica.

Le dimensioni del tubo inclinometrico, per una perforazione di 101 mm, dovranno essere le seguenti:

- $ø_{int}$ tubo = 76 mm;
- $ø_{int}$ guide = 82 mm;
- $ø_{est}$ guide = 86 mm;

Dimensioni diverse del tubo inclinometrico da installare nel foro, in funzione di un diverso diametro di perforazione, dovranno essere indicate nel progetto delle indagini o dovranno essere comunicate all'Impresa direttamente dalla Direzione Lavori.

I tubi inclinometrici, che dovranno essere disponibili in spezzoni di 3 m, dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- massa non inferiore a 1350 g/m;
- spiralatura dei tubi inferiore a 0.5°/m;
- assoluta perpendicolarità delle sezioni terminali degli spezzoni di tubo rispetto all'asse del tubo, con la tolleranza di 1°.

I tubi inclinometrici dovranno essere assemblati mediante manicotti di giunzione, della lunghezza minima di 300 mm, che dovranno soddisfare il seguente requisito: $ø_{int}$ guide manicotto < $ø_{est}$ guide tubo inclinometrico + circa 1 mm.

Il gioco massimo di accoppiamento tra i tubi (sfalsamento rotazionale) dovuto ai soli manicotti non dovrà essere superiore a 1°/giunto.

In caso di installazione di tubi inclinometrici in ambiente aggressivo (ambienti alcalini, presenza di correnti vaganti, ecc.) in luogo dei tubi in alluminio si utilizzeranno tubi in ABS di spessore minimo non inferiore a 4 mm, il cui utilizzo tuttavia dovrà essere subordinato a preventiva autorizzazione da parte della Direzione Lavori.

In nessun caso potranno essere installati tubi inclinometrici in materiali diversi (ad es. PVC o vetroresina).

12.2.4 Controlli preliminari

In cantiere, prima dell'installazione, dovrà essere controllato quanto segue:

- i tubi e i manicotti non devono avere lesioni o schiacciature dovute al trasporto, soprattutto nelle parti terminali;
- le estremità dei tubi e dei manicotti non dovranno avere sbavature che possano compromettere il buon accoppiamento dei tubi e lo scorrimento della sonda di misura;
- il tubo per l'iniezione della miscela di cementazione, applicato all'esterno della colonna inclinometrica, dovrà essere perfettamente efficiente;
- la miscela di cementazione che dovrà essere costituita da acqua, cemento pozzolanico e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso;

- dovranno essere controllati infine il diametro delle punte del trapano, il diametro e la lunghezza dei rivetti, il tipo e la scadenza del mastice, l'efficienza della morsa di sostegno.

12.2.5 Preparazione del foro

La perforazione del foro di sondaggio in cui verrà installato il tubo inclinometrico dovrà essere verticale e di diametro non inferiore a 101 mm e non superiore a 127 mm, con una deviazione globale dalla verticale non superiore al 2%. La perforazione dovrà essere eseguita a carotaggio continuo.

Diametri di perforazione non inclusi nel range indicato dovranno essere approvati dalla DL.

Una volta installato il tubo inclinometrico, il rivestimento del foro dovrà essere estratto con movimenti di sola trazione e assolutamente senza rotazione della colonna del rivestimento, per evitare danneggiamenti e soprattutto fenomeni di spiralatura del tubo inclinometrico. Per facilitare le operazioni di estrazione della colonna del rivestimento, essa dovrà avere giunti con filettatura M/F senza manicotti o ingrossamenti esterni (colonna liscia), dovrà essere in ottimo stato (senza scampanature in corrispondenza dei giunti filettati) e dovrà essere di notevole spessore (10 mm circa).

12.2.6 Installazione

La posa in opera dei tubi inclinometrici dovrà avvenire in accordo con le seguenti modalità:

- lavaggio accurato con acqua pulita del foro di sondaggio;
- preassemblaggio dei tubi inclinometrici in spezzoni di 6 m, terminanti ad un estremo con un manicotto. La realizzazione dei giunti dovrà avvenire nel modo seguente:
- inserimento del manicotto sul tubo per metà della sua lunghezza;
- realizzazione dei fori per i rivetti (> 4 per ogni tubo) lungo generatrici equidistanti dalle guide e a circa 50 mm dall'estremità del manicotto;
- con il manicotto in posizione mediante delle spine, inserimento di un altro tubo e realizzazione degli altri fori per i rivetti;
- rimozione del manicotto;
- applicazione di un sottile strato di mastice all'esterno del tubo e all'interno del manicotto;
- inserimento del primo tubo nel manicotto e chiodatura con rivetti;
- attesa di circa 10' e quindi applicazione di una abbondante fasciatura con nastro adesivo autovulcanizzante, evitando assolutamente bruschi movimenti che possano causare torsioni;
- montaggio del tappo di fondo sul primo spezzone di tubo, già munito di manicotto, e fissaggio dell'estremità inferiore del tubo per l'iniezione della miscela cementizia; nel caso in cui il tappo di fondo sia provvisto di apposita valvola unidirezionale per l'iniezione della miscela questultima operazione non sarà necessaria;
- inserimento del primo spezzone di tubo nel foro (in terreni sotto falda riempire il tubo di acqua per contrastare la spinta di Archimede e favorirne l'affondamento);

- bloccaggio del tubo mediante apposita morsa, in modo che dal foro fuoriescano circa 40 ÷ 50 cm di tubo più il manicotto;
- inserimento dello spezzone successivo; incollaggio, rivettatura e sigillatura del giunto;
- allentamento della morsa per permettere di calare il tubo nel foro (riempiendolo d'acqua se necessario) fissando nel contempo il tubo di iniezione;
- bloccaggio del tubo con la morsa, in modo che dal foro fuoriescano circa 40 ÷ 50 cm di tubo più il manicotto;
- prosecuzione delle operazioni descritte fino al completamento della colonna, annotando la lunghezza dei tratti di tubo e la posizione dei manicotti;
- cementazione del tubo inclinometrico da fondo foro, da eseguire a bassissima pressione, in ogni caso non superiore a 200 kPa, attraverso il tubo di iniezione o attraverso la valvola di fondo, osservando la risalita della miscela cementizia all'esterno del tubo inclinometrico; il rivestimento di perforazione dovrà essere estratto, operando solo a trazione e senza rotazione, non appena la miscela appare in superficie; nella fase di estrazione del rivestimento il rabbocco della miscela potrà essere eseguito da testa foro, per mantenere il livello costante a p.c.; qualora si noti l'abbassamento del livello della miscela il rabbocco dovrà continuare nei giorni successivi;
- accurato lavaggio con acqua pulita dell'interno del tubo inclinometrico mediante attrezzo a fori radiali preferibilmente dotato di pattini zigrinati per la pulizia delle guide;
- installazione a testa foro di un chiusino di protezione in acciaio verniciato; il chiusino di protezione, che dovrà essere ben cementato al terreno, dovrà sporgere di almeno di 10 cm dalla sommità del tubo inclinometrico, dovrà essere provvisto di un coperchio con chiusura antigelo e dotato di lucchetto e chiavi che dovranno essere consegnate alla Direzione Lavori; nel caso di installazione in luoghi aperti al traffico veicolare o pedonale (strade, piazzali, marciapiedi), e solo su specifica richiesta della D.L., in luogo del chiusino standard dovrà essere installato idoneo chiusino carrabile in ghisa, posto in opera a filo della pavimentazione esistente;
- controllo della funzionalità della tubazione mediante il calaggio nel foro una sonda testimone, lungo le guide del tubo fino a fondo foro. Il tubo inclinometrico verrà dichiarato idoneo, in via preliminare, se la sonda testimone sarà passata in tutte e quattro le guide senza incontrare ostacoli sia in discesa sia in risalita.
- al termine dell'installazione dovrà essere eseguito il rilievo topografico fornendo le coordinate plano-altimetriche della testa dello strumento. Dovrà inoltre essere installato, un paletto identificativo con codifica dello strumento adiacente allo stesso. In alternativa, si potrà rivettare al chiusino un'etichetta metallica con l'identificativo dello strumento.

12.2.7 Prescrizioni minime di accettazione della tubazione inclinometrica

Al termine delle operazioni di installazione e cementazione, non prima di 10 ÷ 14 giorni dalla installazione del tubo, si dovrà verificare la funzionalità della tubazione inclinometrica attraverso il controllo della continuità e dell'allineamento degli spezzoni di tubo e la verifica della rispondenza dell'inclinazione e della spiralatura della tubazione alle specifiche di accettazione.

Le operazioni di collaudo e la lettura iniziale di riferimento saranno eseguite dalla Società incaricata del successivo monitoraggio, in contraddittorio con l'Impresa e alla presenza della Direzione Lavori.

Il controllo verrà eseguito calando nel foro una sonda testimone (di caratteristiche analoghe a quella da utilizzarsi per le successive misure), facendola scorrere lungo le guide del tubo fino a fondo foro, estraendola e quindi ripetendo l'operazione altre tre volte, dopo aver ruotato la sonda di 90° ogni volta che viene estratta dal foro. Il tubo inclinometrico verrà dichiarato idoneo se la sonda testimone sarà passata in tutte e quattro le guide senza incontrare ostacoli sia in discesa sia in risalita.

Successivamente dovranno essere verificate anche la verticalità e la spiralatura del tubo, che verrà dichiarato idoneo se la deviazione dalla verticale rilevata sarà inferiore al 2% e la spiralatura totale sarà inferiore a 0.5°/metro lineare.

12.2.8 Documentazione richiesta relativa all'installazione

La documentazione dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- codifica dello strumento;
- stratigrafia del foro di sondaggio;
- caratteristiche del tubo inclinometrico installato;
- caratteristiche della miscela utilizzata per la cementazione del tubo e quantità assorbita durante la cementazione;
- schema di installazione nel foro del tubo inclinometrico;
- quota del piano campagna, quota assoluta o relativa e coordinate planimetriche della testa di misura;
- stralcio planimetrico di Progetto con indicazione dell'ubicazione dello strumento;
- azimut della guida di riferimento e schema della numerazione delle guide;
- misura di deviazione dalla verticale;
- misura della spiralatura.

La documentazione richiesta deve essere fornita sia su formato cartaceo, che tramite supporto informatico in formato testo o excel.

12.3 SISTEMI DI ACQUISIZIONE DATI A DUE O PIÙ CANALI

12.3.1 Generalità'

Le unità di acquisizione dati consentono l'acquisizione automatica, secondo cadenze prefissate e modificabili in qualsiasi momento, dei segnali provenienti dai trasduttori elettrici (di qualsiasi natura), fornendo loro nel contempo l'opportuna alimentazione. Le unità sono completamente autonome sia dal punto di vista dell'alimentazione elettrica che della

memorizzazione dei dati: devono poter essere abbandonate in campo anche nelle più disagevoli condizioni climatiche e/o ambientali. Il loro uso consente di ottenere un gran numero di dati senza la necessità di recarsi sul posto per la misura manuale.

Unitamente all'acquisitore dovrà essere fornito il software di gestione dello stesso. Il file di output delle misure acquisite dovrà essere, in ogni caso, compatibile con il programma excel (es. formati .xls, .csv, .txt).

12.3.2 Apparecchiatura a 2 canali

Queste apparecchiature, alloggiate in "case" di adeguate dimensioni e geometria ed alimentate mediante batterie a secco o ricaricabili, possono essere utilizzate anche all'interno di fori di sondaggio per la misura di uno o due segnali (esempio la misura del livello e la temperatura) e sono costituite dai seguenti elementi:

- scheda elettronica a microprocessore con memoria tamponata per la memorizzazione dei parametri operativi con capacità non inferiore a 8 Kbyte;
- scheda PCMCIA per la memorizzazione dei dati acquisiti con capacità non inferiore a 128 Kbyte;
- porta seriale RS232 optoisolata per collegamento a PC o, in alternativa, porta USB (il cavo di collegamento dovrà essere fornito alla Direzione Lavori, unitamente all'acquisitore);
- connettori tipo MIL per il collegamento rapido dei trasduttori;
- scheda di ingresso a multiplexer con relè per ciascun ingresso;
- convertitore A/D autorange e autozero a doppia rampa con risoluzione ±20000 punti;
- ingresso digitale (contatore a 4 cifre);
- protezioni elettriche a 4 livelli su ciascun canale di ingresso (opzionali);
- armadio di contenimento IP67 per le versioni all'aperto e IP68 per le versioni da inserire in fori di sondaggio.

Le apparecchiature installate devono in ogni caso soddisfare i seguenti requisiti:

- autonomia di almeno 4 mesi con 2 acquisizioni giornaliere;
- possibilità di impostare tramite il software, anche per via remota in caso di utilizzo di modem di trasmissione dati, i seguenti parametri:
  - range di scansione;
  - range di acquisizione;
  - alimentazione dei sensori;
  - fondo scala elettrico;
  - linearizzazione del segnale mediante impostazione del gain e dello zero per la conversione in unità ingegneristiche.
- temperatura di funzionamento da –20° a +70° ;

- Acquisitore Multisensor: possibilità di misurare sensori in corrente (4 ÷ 20 mA), in tensione, strain-gage, Pt100, fornendo loro una tensione variabile da 2 a 24 V dc (scelta canale per canale) o una corrente di riferimento (1 mA).

12.3.3 Apparecchiature pluricanali

In questo caso le apparecchiature, alimentate mediante batterie a secco o ricaricabili, dovranno essere espandibili con schede di espansione da 16 canali analogici ciascuno fino ad un massimo di 96 canali analogici e saranno costituite dai seguenti elementi:

- scheda elettronica a microprocessore con memoria tamponata per la memorizzazione dei parametri operativi con capacità non inferiore a 8 Kbyte;
- scheda PCMCIA per la memorizzazione dei dati acquisiti con capacità non inferiore a 128 Kbyte;
- doppia porta seriale RS232 optoisolata con possibilità di collegamento in cascata di più unità di acquisizione dati, riconoscibili mediante indirizzo, fino ad un massimo di 64 unità;
- porta seriale RS232 optoisolata per collegamento a PC o, in alternativa, porta USB (il cavo di collegamento dovrà essere fornito alla Direzione Lavori, unitamente all'acquisitore);
- scheda di ingresso a multiplexer con relè per ciascun ingresso;
- convertitore A/D autorange e autozero a doppia rampa con risoluzione ±20000 punti;
- protezioni elettriche a 4 livelli su ciascun ingresso analogico (opzionali);
- display alfanumerico a cristalli liquidi e tastiera per la programmazione di tutti i parametri operativi anche senza la disponibilità di un PC;
- relè generale di massimo e minimo attivabile automaticamente in caso di superamento delle soglie di allerta;
- armadio di contenimento IP67 in lamiera verniciata o poliestere rinforzato, con pressacavi a tenuta per gli ingressi dei cavi provenienti dai sensori.

Le apparecchiature installate dovranno in ogni caso soddisfare i seguenti requisiti:

- autonomia di almeno 2 mesi con 2 acquisizioni giornaliere;
- possibilità di impostare tramite il software, anche per via remota in caso di utilizzo di modem di trasmissione dati, i seguenti parametri:
  - range di scansione;
  - range di acquisizione;
  - alimentazione dei sensori;
  - fondo scala elettrico;
  - linearizzazione del segnale mediante impostazione del gain e dello zero per la conversione in unità ingegneristiche;
  - soglie di valore di misura minimo e di massimo per eventuali segnali di allerta.

- possibilità di leggere sul display i dati memorizzati dalla RAM-CARD;
- temperatura di funzionamento da –20° a +70° C;
- Acquisitore Multisensor: possibilità di misurare sensori in corrente (4 ÷ 20 mA), in tensione, strain-gage, Pt100, fornendo loro una tensione variabile da 2 a 24 V dc (scelta canale per canale) o una corrente di riferimento (1 mA).

12.3.4 Installazione

Le unità di acquisizione dati dovranno essere installate in luoghi adeguatamente protetti sia contro atti di vandalismo sia da condizioni climatiche particolarmente avverse. In questo ultimo caso dovranno essere ubicate all'interno di armadi in vetroresina tipo stradale.

Nel caso sia previsto un monitoraggio in automatico anche a lungo termine, e cioè dopo la fine della realizzazione dell'opera, è necessario che l'acquisitore sia ubicato in modo definitivo in zone protette, facilmente raggiungibili e non interferenti con le lavorazioni durante la realizzazione delle opere e con le fasi di esercizio della stesse.

Le connessioni e gli ammaraggi dei cavi dei sensori dovranno essere fatte a regola d'arte garantendo una buona connessione elettrica con le morsettiere o connettori di ingresso. Anche in questo caso si dovrà provvedere a cablaggi non interferenti con le lavorazioni durante la realizzazione dell'opera e con le fasi di esercizio della stessa.

Al termine dell'installazione le unità andranno adeguatamente testate in tutte le loro funzioni (scansioni, memorizzazione, trasmissione dati, ecc.).

12.3.5 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- schemi di cablaggio (ingressi, eventuale linea di alimentazione e collegamenti seriali);
- manuale d'uso;
- Software di gestione e programmazione dell'acquisitore;
- ubicazione plano-altimetrica dell'unità di acquisizione;
- misure di zero di tutta la sensoristica installata;
- tabella con indicazione dei sensori in ingresso, con i parametri operativi impostati canale per canale (alimentazione, scala, gain, zero, soglie di allerta, ecc.);
- eventuali schede aggiuntive (convertitori di seriale, convertitori per fibra ottica, ecc.);
- eventuali note e osservazioni.

12.4 CAVI ELETTRICI DI COLLEGAMENTO

12.4.1 Generalità

I cavi elettrici dovranno essere adatti per la trasmissione del segnale e realizzati in esecuzione robusta, adatti per ambienti umidi e per l'immersione in getti di calcestruzzo. Dovranno essere del tipo schermato, con guaina esterna in poliuretano o silicone. Lo schermo potrà essere realizzato con treccia di rame o foglio di alluminio: in questo ultimo caso è richiesto il filo di drenaggio in rame. La sezione dei conduttori sarà sufficiente a garantire la corretta tensione di alimentazione del sensore considerando la lunghezza del tratto di cavo e quindi la relativa caduta di potenziale.

12.4.2 Cavi a 6 conduttori

Tali cavi, di diametro non superiore a 9 mm, sono costituiti da. 6 conduttori di sezione pari a 0.22 mm2.

12.4.3 Cavi multipolari

Tali cavi, di diametro non superiore a 15 mm, sono costituiti da 15 coppie di conduttori di sezione pari a 0.22 mm^2.

Tutti i cavi impiegati dovranno soddisfare le seguenti specifiche tecniche:

- conduttori in rame elettrolitico ricotto in formazione flessibile;
- isolamento in silicone o poliuretano per la guaina esterna e in PVC o poiolefina reticolata per i conduttori;
- schermo in treccia di rame; è consentito in alternativa l'uso di schermo in alluminio, con conduttore di drenaggio in rame stagnato;
- norme applicabili: CEI 20-11 CEI 20-29 CEI 46-6;
- isolamento guaina esterna:
- tensione di prova: 300 V;
- tensione di esercizio: 300 Vrms;
- resistenza di isolamento > 200 MΩ/Km;
- isolamento guaina di separazione conduttori:
- tensione di prova: 300 V;
- tensione di esercizio: 300 Vrms;
- resistenza di isolamento > 200 MΩ/Km;
- percentuale calza:
  - > 90% per cavi con schermo a calza;
  - > 60% per cavi con schermo a calza e schermo elettrostatico in nastro di alluminio e poliestere;
- caratteristiche ignifughe: non propagante l'incendio (secondo la norma UL 94 VO).

13 NORME DI CONTABILIZZAZIONE DEI LAVORI

13.1 CANTIERI, ATTREZZI, SPESE ED OBBLIGHI GENERALI A CARICO DELL'APPALTATORE

Fatte salve le eventuali ulteriori prescrizioni del presente Capitolato Speciale, si intendono comprese nel prezzo dei lavori e perciò a carico dell'Appaltatore:

a) le spese per l'impianto, la manutenzione e l'illuminazione dei cantieri, con esclusione di quelle relative alla sicurezza nei cantieri stessi;

b) le spese per trasporto di qualsiasi materiale o mezzo d'opera;

c) le spese per attrezzi e opere provvisionali e per quanto altro occorre alla esecuzione piena e perfetta dei lavori;

d) le spese per rilievi, tracciati, verifiche, esplorazioni, capisaldi e simili che possono occorrere, anche su motivata richiesta del direttore dei lavori o dal responsabile del procedimento o dall'organo di collaudo, dal giorno in cui comincia la consegna fino al compimento del collaudo provvisorio o all'emissione del certificato di regolare esecuzione;

e) le spese per le vie di accesso al cantiere;

f) le spese per idonei locali e per la necessaria attrezzatura da mettere a disposizione per l'ufficio di direzione lavori;

g) le spese per passaggio, per occupazioni temporanee e per risarcimento di danni per abbattimento di piante, per depositi od estrazioni di materiali;

h) le spese per la custodia e la buona conservazione delle opere fino al collaudo provvisorio o all'emissione del certificato di regolare esecuzione;

i) le spese di adeguamento del cantiere in osservanza del decreto legislativo n. 626/1994, e successive modificazioni.

L'Appaltatore deve provvedere ai materiali e ai mezzi d'opera che siano richiesti ed indicati dal Direttore dei Lavori per essere impiegati nei lavori in economia contemplati in contratto.

La stazione appaltante può mantenere sorveglianti in tutti i cantieri, sui galleggianti e sui mezzi di trasporto utilizzati dall'Appaltatore.

13.2 NORME GENERALI DI CONTABILIZZAZIONE

13.2.1 Lavori a misura

I lavori a misura saranno liquidati in base alle misure fissate dal Progetto anche se, dalle misure di controllo rilevate dagli incaricati, dovessero risultare spessori, lunghezze, larghezze, superfici e cubature effettivamente superiori. Soltanto nel caso in cui la Direzione Lavori abbia ordinato per iscritto tali maggiori dimensioni, se ne terrà conto nella contabilizzazione.

13.2.2 Lavori a corpo

Per la quota delle lavorazioni affidate a corpo, le corrispondenti misurazioni saranno utilizzate per verificare la rispondenza delle opere eseguite a quelle progettate e la loro

liquidazione sarà effettuata a percentuale d'avanzamento, con riferimento allo schema prestabilito contrattualmente.

Le progressive quote percentuali delle varie categorie di lavorazioni che sono eseguite, vengono desunte da valutazioni autonomamente effettuate dal Direttore dei Lavori, il quale può controllare l'attendibilità attraverso un riscontro nel computo metrico-estimativo dal quale le aliquote sono state dedotte. Tale computo peraltro non fa parte della documentazione contrattuale.

Nel caso, invece, che dalle misure di controllo risultassero dimensioni minori rispetto a quelle indicate in Progetto o prescritte dalla Direzione Lavori, sarà in facoltà insindacabile della Direzione Lavori ordinare la demolizione delle opere e la loro ricostruzione a cura ed a spese dell'Appaltatore; soltanto se le minori dimensioni risultassero compatibili con la funzionalità e la stabilità delle opere, la Direzione Lavori potrà ammettere in contabilità le quantità effettivamente eseguite (nel caso di lavori a corpo, l'opera verrà in tal caso riquantificata utilizzando le effettive e minori quantità).

Le misure – sia per le opere compensate a corpo che per quelle compensate a misura – saranno prese in contraddittorio via via che si procederà all'esecuzione dei lavori e riportate su appositi libretti che saranno firmati dagli incaricati della Direzione Lavori e dell'Appaltatore.

Resta sempre salva, in ogni caso, la possibilità di verifica e di rettifica in occasione delle operazioni di collaudo.

13.2.3 Lavori in economia

Le prestazioni in economia potranno adottarsi solo per le tipologie di lavori previste dalla normativa vigente. In ogni caso saranno contabilizzate soltanto se oggetto di un preventivo ordine ed autorizzazione scritti della Direzione Lavori.

L'annotazione dei lavori in economia è effettuata dalla Direzione Lavori nelle apposite liste settimanali, distinte per giornate e provviste, controfirmate dall'Appaltatore.

Gli importi sono riportati sul SAL contrattuali secondo le modalità di seguito descritte:

- i costi orari della mano d'opera, dei noli, mezzi e materiali saranno desunti dal listino della Camera di Commercio della Provincia in cui si svolgono i lavori aggiornati alla data dell' esecuzione degli stessi;
- le liste mensili della mano d'opera, sono soggette a maggiorazione per spese generali ed utile. Il ribasso d'asta si applica solo sulle maggiorazioni;
- le liste mensili dei noli, mezzi e materiali non sono soggette ad alcun tipo di maggiorazione. Sull'importo ottenuto si applica il ribasso d'asta;
- nel caso di appalto con offerta prezzi, la maggiorazione sarà calcolata prendendo come riferimento le sole spese generali e gli utili dichiarati dall'Appaltatore in sede di gara.

13.3 CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Le rocce e terre di scavo dovranno essere caratterizzati dall'Appaltatore per verificarne le caratteristiche di qualità ambientale previste dall'art. 186 del Dlgs 152/06 (contaminazione

nei limiti previsti dalla tabella 1, colonne A e B dell'allegato 5 del Titolo V della parte IV del DLgs 152/06).

Il sovrapprezzo previsto dall'elenco comprende tutti gli oneri in esso richiamati, solo escluse le prove chimiche da effettuare sui materiali che rimangono a carico della Committente.

Ogni movimentazione delle terre o rocce da scavo dall'area di caratterizzazione al sito di definitivo reimpiego a riempimento/rilevato o a discarica, deve essere documentata da apposita scheda riportante i seguenti dati:

- un numero identificativo progressivo;
- la data, l'ora di partenza e quella di arrivo;
- il peso netto del materiale trasportato;
- la WBS di destinazione del punto di scarico;
- l'identificazione del tragitto e dei km percorsi per il solo viaggio di andata
- l'esito della caratterizzazione;
- le generalità e la firma dell'incaricato al trasporto.

Copia del documento di trasporto deve essere consegnata agli incaricati della Direzione Lavori.

13.4 SCAVI E RILEVATI

La misurazione degli scavi di sbancamento e dei rilevati sarà effettuata con il metodo delle sezioni ragguagliate. In base ai rilievi eseguiti in corso d'opera ed a quelli da praticarsi ad opera finita, con riferimento alle sagome delle sezioni tipo ed alle quote di Progetto, sarà determinato il volume degli scavi e dei rilevati progressivamente eseguiti.

13.4.1 Scavi

Tutti i materiali provenienti dagli scavi dovranno essere caratterizzati dall'Appaltatore per determinarne le caratteristiche di qualità ambientale ai sensi dell'art. 186 del DLgs 152/06. Il compenso degli oneri relativi alla caratterizzazione dei materiali ed alla gestione delle terre inquinate è riconosciuto con il relativo articolo di elenco.

I materiali che risultano riutilizzabili "tal quale" sono di proprietà della Committente; l'Appaltatore potrà usufruire dei materiali stessi, sempre che siano riconosciuti geotecnicamente idonei dalla Direzione Lavori, limitatamente ai quantitativi necessari all'esecuzione delle opere appaltate e per quelle categorie di lavoro di cui è previsto l'impiego nel Progetto.

I materiali che, a seguito della caratterizzazione ai sensi dell'art. 186 del DLgs 152/06, risultassero inquinati a causa di lavorazioni oggetto dell'appalto o comunque non utilizzabili "tal quale" sono di proprietà dell'Appaltatore che dovrà gestirli secondo le procedure della normativa in vigore. In mancanza di indicazioni contrattuali rimane inteso che gli articoli dell'Elenco Prezzi comprendono il trasporto dei materiali classificabili come rifiuti presso discariche autorizzate e tutti gli oneri dovuti al loro smaltimento.

Gli articoli dell'Elenco Prezzi relativi agli scavi in genere comprendono tutti gli oneri previsti dalle presenti Norme ed inoltre:

- la perfetta sagomatura dei fossi, la configurazione delle scarpate e dei cigli;

• il rinterro intorno alle murature e sopra le condotte, le fognature e i drenaggi (a meno che il Progetto non richieda la sostituzione del materiale);

• gli esaurimenti d'acqua (che saranno contabilizzati solo per gli scavi di fondazione considerati subacquei) compresi gli oneri per il loro trattamento secondo le vigenti norme di legge;

• lo scotico superficiale ed il taglio degli alberi con asportazione delle ceppaie.

Negli scavi in terra è compreso il disfacimento d'eventuali drenaggi in pietrame o in misto granulare, rinvenuti durante i lavori.

Saranno contabilizzati a parte soltanto i trovanti rocciosi, se frantumati, o le fondazioni in muratura, aventi singolo volume superiore a 1,00 m³, applicando a tali quantità gli articoli previsti dall'Elenco Prezzi per gli scavi in roccia o per le demolizioni di murature, avendole detratte dagli scavi in terra.

Gli eventuali banchi di roccia saranno computati in relazione alla quantità percentuale desunta in contraddittorio con l'appaltatore, in relazione alle misure riscontrate.

La riduzione del materiale scavato a pezzatura idonea alla formazione dei rilevati è compensata nel prezzo degli scavi.

Gli scavi di fondazione saranno computati per un volume uguale a quello risultante dal prodotto dell'area di base delle murature di fondazione o del calcestruzzo di sottofondazione, per la loro profondità, misurata a partire dal piano dello scavo di sbancamento o del terreno naturale quando detto scavo di sbancamento non è effettuato.

Gli scavi di fondazione potranno essere eseguiti, ove ragioni speciali non lo vietino, anche con pareti a scarpata ma, in tal caso, non sarà computato il maggior volume, né degli scavi di fondazione né di quelli di sbancamento. Solo nel caso che le pareti a scarpata siano ordinate dalla Direzione Lavori, saranno computati i maggiori volumi corrispondenti.

Gli scavi di fondazione saranno considerati subacquei, e come tali contabilizzati, solo se eseguiti a profondità maggiori di 20 cm dal livello costante a cui si stabilizzano le acque eventualmente esistenti nel terreno.

Qualora il Progetto preveda l'esaurimento delle acque mediante opere di deviazione o pompaggio, lo scavo sarà contabilizzato com'eseguito all'asciutto.

13.4.2 Rilevati

Gli articoli dell'Elenco Prezzi per la preparazione del piano di posa dei rilevati comprendono tutte le lavorazioni ivi previste: la lavorazione verrà contabilizzata sulla proiezione orizzontale della superficie da scoticare, indipendentemente dalla morfologia del terreno. Solo nel caso di rilevati eseguiti in affiancamento a rilevati esistenti verrà considerata la superficie effettiva scoticata sulla scarpata del rilevato esistente.

Nel caso d'eventuale bonifica del piano di posa, il maggiore scavo, oltre lo spessore di 20 cm, per la rimozione del terreno vegetale, sarà contabilizzato a parte con il relativo articolo d'Elenco Prezzi.

In questo caso il compattamento del fondo scavo di scotico sarà eseguito anche sul fondo dello scavo di bonifica.

Per quanto riguarda i teli di TNT, sono computati a metro quadrato senza tenere conto delle sovrapposizioni longitudinali e trasversali fra i teli; tra gli oneri del relativo articolo d'Elenco Prezzi è compresa anche la graffatura.

La valutazione del volume dei rilevati sarà eseguito con il metodo delle sezioni ragguagliate.

Le gradonature, da eseguirsi al di sotto del piano di scotico per la preparazione del piano di posa dei rilevati, sui terreni con pendenza maggiore del 20%, saranno contabilizzate con l'articolo d'Elenco Prezzi relativo allo scavo di sbancamento per gli scavi necessari alla realizzazione dei gradoni e con gli articoli relativi alla fornitura e sistemazione in rilevato per il riempimento dei medesimi.

Dal computo dei volumi dei rilevati si detrarranno i volumi delle opere d'arte e dei materiali altrimenti contabilizzati. Non saranno considerati i cedimenti del piano di posa dei rilevati inferiori a 15 cm, essendosi valutati i corrispondenti oneri nel formulare il relativo articolo.

La computazione del volume della fornitura dei materiali idonei per la formazione di rilevati, provenienti da cave di prestito, risulterà dal bilancio delle terre.

Nel bilancio terre il fabbisogno del materiale per l'esecuzione dei rilevati verrà determinato , in maniera temporale in relazione all'esecuzione dei lavori, dalla differenza fra:

- il volume totale dei rilevati e la somma dei volumi degli scavi contabilizzati e ritenuti idonei al reimpiego dalla Direzione Lavori e dei volumi di materiali di proprietà della Società prelevati da depositi e misurati in opera.

Qualora il prelievo dei materiali di proprietà della Società avvenisse da parte dell'Appaltatore in ambito esterno ai confini di Lotto, sarà riconosciuto allo stesso, tramite l'applicazione del prezzo corrispondente, l'onere del carico, trasporto e scarico del materiale altrove prelevato. Detto materiale sarà computato dopo la messa in opera tra sezioni note.

Gli articoli, relativi alla formazione di rilevati, di ritombamenti, di riempimenti di cavi e di rilevati di precarico comprendono tutti gli oneri previsti dalle presenti Norme ed in particolare:

- le indennità e/o i canoni relativi al prelievo dei materiali da aree appartenenti a privati, Enti Pubblici, Demanio, ecc.;
- l'apertura di nuove cave e la loro coltivazione, compresa la sistemazione a cavatura ultimata, sulla base dei progetti che la Società e/o la stessa Appaltatore dovranno redigere, anche in relazione alla normativa emanata dalle singole Regioni.

Nel volume degli scavi da considerarsi agli effetti del bilancio delle terre, dovranno essere tenuti in evidenza anche i materiali provenienti dallo scoticamento del piano di posa dei rilevati, in quanto ritenuti idonei dalla Direzione Lavori e utilizzati in tutto o in parte per la formazione della coltre vegetativa sulle scarpate. I volumi relativi saranno determinati moltiplicando per 0,20 i metri quadrati contabilizzati con l'articolo relativo alla preparazione del piano di posa dei rilevati.

Nel caso si rendessero necessari volumi di terra vegetale per il rivestimento delle scarpate dei rilevati e delle scarpate in trincea, eccedenti quelli provenienti dallo scotico del piano di posa dei rilevati, dagli scavi in genere e/o da depositi di materiali di proprietà della Società, la fornitura sarà garantita tramite l'utilizzo di materiale idoneo proveniente da cave di prestito, che sarà contabilizzata con l'articolo d'Elenco Prezzi relativo alla fornitura di materiali idonei.

La sistemazione della coltre vegetale a protezione delle scarpate in trincea sarà contabilizzata con il prezzo relativo alla sistemazione superficiale del terreno coltivo delle aiuole.

Nel caso di rilevati misti, a ciascun strato si applicheranno i relativi articoli d'Elenco Prezzi, sia per la fornitura sia per la sistemazione in rilevato, secondo il gruppo d'appartenenza delle terre.

La sistemazione in rilevato delle terre costituenti la coltre vegetale di rivestimento delle scarpate sarà contabilizzata con lo stesso articolo dell'Elenco Prezzi applicato per il nucleo del rilevato.

L'articolo dell'Elenco Prezzi per la sistemazione in rilevato si applicherà anche agli strati di sottofondazione posti in trincea; la preparazione del loro piano di posa, qualora ordinata, sarà contabilizzata con il relativo articolo di Elenco Prezzi.

La sistemazione a tombamento per strati successivi, a riempimento di cavi e la formazione di rilevati di precarico saranno misurati in opera e contabilizzati con i relativi articoli di Elenco Prezzi; analogamente la eventuale fornitura di materiali idonei provenienti da cave di prestito per il riempimento di cavi e per i rilevati di precarico, sarà misurata in opera dopo l'addensamento.

Il volume dei materiali, di proprietà della Committente, prelevati da depositi, caricati, trasportati e scaricati a rilevato, sarà computato sul materiale misurato in opera dopo la compattazione.

13.5 GABBIONATE

I gabbioni saranno computati per il loro peso effettivo; il relativo articolo d'Elenco Prezzi comprende anche la regolarizzazione del piano di posa e la fornitura del filo per legature e tiranti.

Il riempimento dei gabbioni sarà computato per l'effettivo volume.

I relativi articoli dell'Elenco Prezzi comprendono anche la regolarizzazione del piano di posa, la fornitura del filo per legature e tiranti, il materiale di riempimento.

13.6 RACCOLTA ACQUE METEORICHE

I tubi e le canalette di raccolta e drenaggio lineare realizzati in polietilene (PEAD) e/o in polipropilene saranno computati in base ai metri lineari effettivamente posati in opera , misurati a partire dall'interno del pozzetto o del pezzo speciale senza tenere conto delle sovrapposizioni; pozzetti e gli eventuali pezzi speciali a "T" saranno computati a unità posati in opera; i relativi articoli dell'Elenco Prezzi comprendono tutte le forniture, prestazioni ed oneri in essi richiamati oltre quelli delle presenti Norme.