TANGENZIALE EST ESTERNA DI MILANO

CONVENZIONE UNICA

ALLEGATO B

ELENCO ELABORATI DEL PROGETTO PRELIMINARE APPROVATO DAL CIPE IL 29 LUGLIO 2005 E LE RELATIVE PRESCRIZIONI E RACCOMANDAZIONI CON S.I.A. (non materialmente allegati alla Convenzione), CAPITOLATO PRESTAZIONALE E INDICAZIONI PER LA STESURA DEI PIANI DI SICUREZZA

SUB 1

CAPITOLATO PRESTAZIONALE

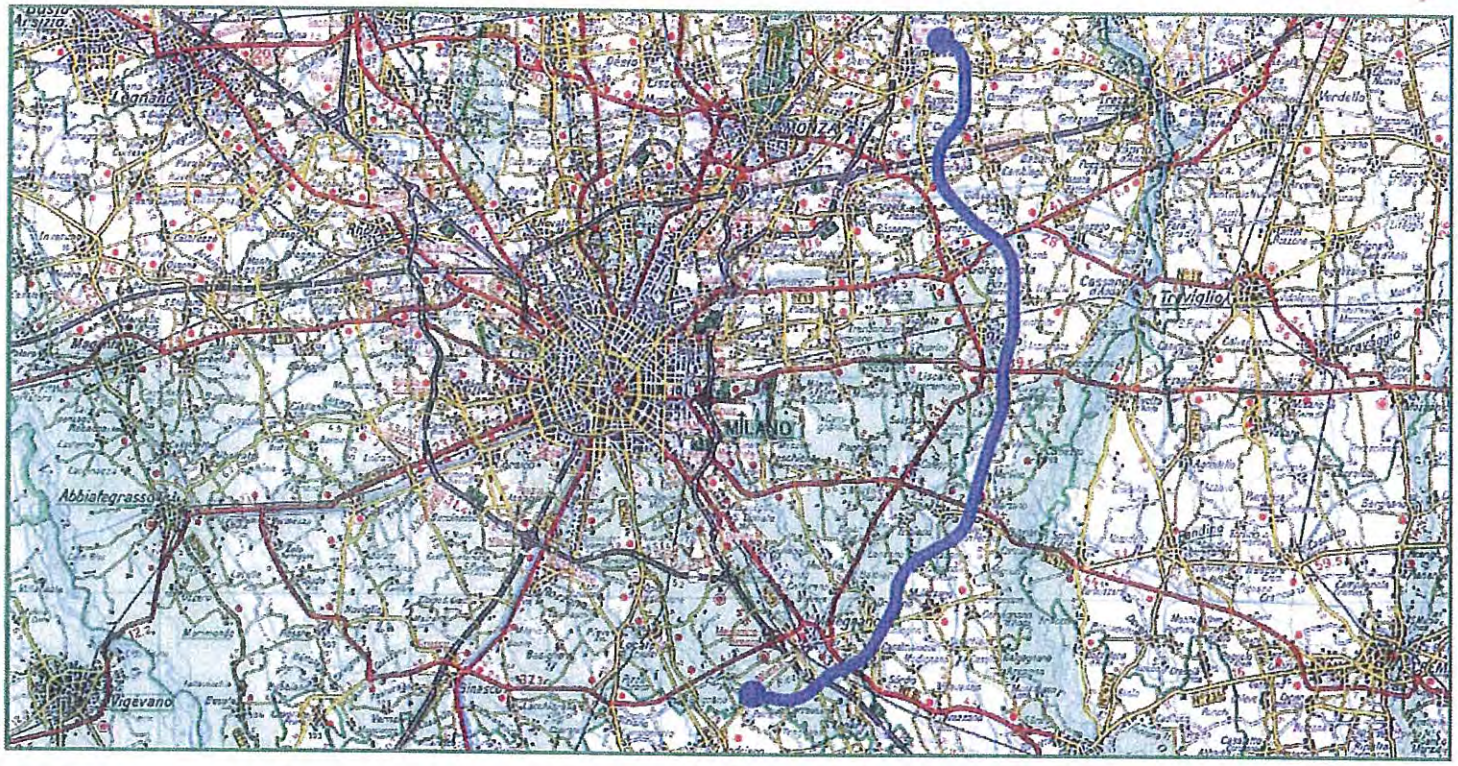
Tangenziali Esterne
di Milano SpA

NUOVO SISTEMA TANGENZIALE ESTERNO DI MILANO

TANGENZIALE EST ESTERNA

PROGETTO PRELIMINARE

AGGIORNAMENTO LUGLIO 2004



CAPITOLATO SPECIALE PRESTAZIONALE DEL PROGETTO PRELIMINARE

RIFERIMENTO ELABORATO	DIRETTORIO		FILE		DATA:	REVISIONE	
	codice commessa	N.Prog.	unita'	n. progressivo		n.	data
11.2	1604302F		STD	114-1	MAGGIO 2008	0	
					SCALA: -		

A.T.I. DI PROGETTAZIONE : SPEA (mandataria), SIPIT (mandante), SINA (mandante)

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE: Ing. Riccardo FORMICHI – O.I. Milano N° 18045

spea ingegneria europea
IL DIRETTORE TECNICO E PROGETTISTA
Ing. Maurizio TORRESI
O.I. Milano N°16492

Milano Serravalle Engineering
IL DIRETTORE TECNICO E PROGETTISTA
Ing. Gianlorenzo De Vincenzi
O.I.Napoli N° 6299

SINA
IL DIRETTORE TECNICO E PROGETTISTA
Ing. Enrico GHISLANDI
O.I. Milano N°16993

TangenzialiEsterne
di Milano SpA

NUOVO SISTEMA TANGENZIALE ESTERNO DI MILANO

TANGENZIALE EST ESTERNA

PROGETTO PRELIMINARE

CAPITOLATO SPECIALE PRESTAZIONALE DEL PROGETTO PRELIMINARE

ELABORATO N. 11.2
Maggio 2008

INDICE

1. INTRODUZIONE 24
1.1. OBIETTIVI GENERALI DEL PROGETTO 24
1.2. DESCRIZIONE DEI LUOGHI 24
1.2.1. Inquadramento territoriale dell'intervento 24
1.2.2. Inquadramento infrastrutturale dell'intervento 25
1.3. OSSERVANZA DI LEGGI E REGOLAMENTII 25
2. IL PROGETTO 30
2.1. TRACCIATO 30
2.1.1. Andamento planimetrico e principali funzionalità del tracciato 30
2.1.2. Andamento altimetrico 31
2.2. SEZIONE AUTOSTRADALE 33
2.3. PAVIMENTAZIONI 34
2.4. BARRIERE DI SICUREZZA 35
2.5. AREE DI SERVIZIO E CENTRI DI CONTROLLO E MANUTENZIONE 36
2.6. SPECIFICAZIONE DELLE OPERE D'ARTE PRINCIPALI 37
2.6.1. Galleria artificiale 37
2.6.2. Cavalcavia, ponti e sottovia 38
2.6.3. Viadotto svincolo A1 40
2.7. IMPIANTI 41
2.8. OPERE DI MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE AMBIENTALE 41
2.9. CALCOLO SOMMARIO DELLA SPESA 42
2.10. SPECIFICAZIONE DELLE OPERE GENERALI E DELLE EVENTUALI OPERE SPECIALIZZATE COMPRESE NELL'INTERVENTO CON I RELATIVI IMPORTI 43
3. QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI 53
3.1. CONDIZIONI GENERALI D'ACCETTAZIONE - PROVE DI CONTROLLO 53
3.2. CARATTERISTICHE DEI VARI MATERIALI 53
4. NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI 59
4.1. PREMESSA 59
4.2. SONDAGGI E TRACCIATI 59
4.3. SCAVI 59
4.3.1. Norme generali 59
4.3.2. Scavi di sbancamento 60
4.3.3. Scavi di fondazione 60
4.3.4. Scavi subacquei 61
4.4. DEMOLIZIONI E RIMOZIONI 61
4.4.1. Demolizione di murature e fabbricati 61
4.4.2. Idrodemolizioni 62
4.4.3. Demolizione di pavimentazione totale o parziale di strati in conglomerato bituminoso realizzato con frese 62
4.4.4. Demolizione dell'intera sovrastruttura realizzata con sistemi tradizionali 63

4.4.5. Rimozioni 63

4.5. RINTERRI E/O BONIFICHE 63

4.5.1. Bonifica 63

4.5.2. Rinterri 64

4.5.3. Sistemazione superficiale 64

4.6. RILEVATI 64

4.6.1. Definizione 64

4.6.2. Materiali per la formazione di rilevati 65

4.6.2.1 Provenienza dei materiali 65
4.6.2.2 Prove di controllo dei materiali 65
4.6.2.3 Autorizzazioni 65

4.6.3. Preparazione del piano di posa dei rilevati 66

4.6.3.1 Scotico, bonifica e gradonature 66
4.6.3.2 Caratteristiche del piano di posa del rilevato e della pavimentazione autostradale in trincea 66
4.6.3.3 Strato di transizione (Rilevato-Terreno) 67
4.6.3.4 Prove di controllo sul piano di posa 67

4.6.4. Formazione del rilevato 68

4.6.4.1 Generalità, caratteristiche e requisiti dei materiali 68
4.6.4.2 Rilevati autostradali 68
4.6.4.3 Impiego di terre appartenenti ai gruppi A_{2-6}, A_{2-7} 68
4.6.4.4 Rilevati in "Terra Armata" 69
4.6.4.5 Impiego di terre appartenenti ai gruppi A_4, A_5, A_6, A_7 69
4.6.4.6 Rilevati Speciali Sperimentali 70
4.6.4.7 Costruzione del rilevato 76
4.6.4.8 Punto di fusione (K) 81

4.7. PALANCOLE METALLICHE 83

4.7.1. Tolleranze geometriche 83

4.7.2. Caratteristiche tecniche 83

4.7.3. Modalità esecutive 83

4.7.4. Specifiche di controllo 84

4.8. DIAFRAMMI IN CEMENTO ARMATO 85

4.8.1. Definizione e campi di impiego 85

4.8.2. Soggezioni geotecniche e geoidrologiche 85

4.8.3. Tolleranze geometriche 85

4.8.4. Preparazione del piano di lavoro 85

4.8.5. Perforazione 86

4.8.5.1 Perforazione a secco 86
4.8.5.2 Perforazione in presenza di fango bentonitico 86
4.8.5.3 Attraversamento di trovanti e/o formazioni rocciose 86

4.8.6. Controlli 87

4.8.7. Armature metalliche 87

4.8.8. Getto 87

4.8.8.1 Preparazione e trasporto del conglomerato cementizio 87
4.8.8.2 Posa in opera del conglomerato cementizio 88

4.8.9. Controlli 88

4.8.10. Documentazione dei lavori 88
4.8.11. Prove tecnologiche preliminari 89
4.8.12. Prove di controllo sugli elementi di diaframma 89
4.8.12.1 Prove di carico per i soli elementi di diaframma con funzione portante verticale ... 89
4.8.12.2 Controlli non distruttivi ... 90
4.8.12.3 Prove geofisiche ... 90
4.8.12.4 Carotaggio continuo meccanico ... 90
4.8.12.5 Scavi attorno al fusto del diaframma ... 91
4.9. DIAFRAMMI PLASTICI 91
4.9.1. Oggetto e campi di applicazione 91
4.9.2. Materiali 91
4.9.3. Modalità esecutive dei diaframmi plastici 91
4.9.3.1 Scavo del diaframma ... 91
4.9.3.2 Fluido di perforazione ... 91
4.9.3.3 Caratteristiche del fango autoindurente ... 91
4.9.4. Controlli da eseguirsi sulla miscela plastica 92
4.9.4.1 Resa volumetrica ... 92
4.9.4.2 Viscosità della miscela ... 92
4.9.4.3 Prelievo dallo scavo ... 93
4.9.4.4 Maturazione ... 93
4.9.4.5 Preparazione provini cilindrici ... 93
4.9.4.6 Apparecchiatura ... 93
4.9.4.7 Procedimento ... 93
4.9.4.8 Resoconto della prova ... 93
4.9.5. Definizione della deformabilità della miscela plastica 94
4.9.6. Determinazione della permeabilità 94
4.9.6.1 Preparazione del campione per la prova ... 95
4.9.6.2 Modalità di prova ... 95
4.9.7. Modalità di pagamento 95
4.10. PALI DI FONDAZIONE 95
4.10.1. Generalità 95
4.10.2. Definizioni 96
4.10.3. Normative di riferimento 96
4.10.4. Prove tecnologiche preliminari 96
4.10.5. Preparazione del piano di lavoro 97
4.10.6. Micropali 97
4.10.7. Definizione, classificazione e campi di applicazione 97
4.10.8. Soggezioni geotecniche e idrogeologiche 97
4.10.9. Tolleranze geometriche 97
4.10.10. Tracciamento 98
4.10.11. Perforazione 98
4.10.12. Confezione e posa delle armature 98
4.10.13. Armatura con barre di acciaio per c.a. 98
4.10.14. Armature tubolari 98
4.10.15. Formazione del fusto del micropalo 99

4.10.16. Riempimento a gravità 99
4.10.17. Riempimento a bassa pressione 99
4.10.18. Iniezione ripetuta ad alta pressione 99
4.10.19. Caratteristiche delle malte e paste cementizie da impiegare per la formazione dei micropali 100
4.10.20. Controlli 100
4.10.21. Misure del peso specifico 100
4.10.22. Documentazione dei lavori 101
4.10.23. Pali trivellati di medio e grande diametro 101
4.10.24. Definizione 101
4.10.25. Soggezioni geotecniche e idrogeologiche 101
4.10.26. Tolleranze geometriche 101
4.10.27. Tracciamento 102
4.10.28. Perforazione 102
4.10.29. Attrezzature 102
4.10.30. Perforazione con impiego di rivestimento provvisorio 102
4.10.31. Perforazione in presenza di fango bentonitico 103
4.10.31.1 Formazione del fusto del palo 103
4.10.32. Perforazione in presenza di fango biodegradabile 104
4.10.33. Pali trivellati ad elica continua armati dopo il getto 104
4.10.33.1 Formazione del fusto del palo 104
4.10.34. Controlli 105
4.10.35. Armature metalliche 105
4.10.36. Formazione del fusto del palo 106
4.10.36.1 Controlli 106
4.10.37. Documentazione dei lavori 106
4.10.38. PROVE DI CARICO 107
4.10.38.1 Prove sui pali di grande diametro 107
4.10.38.2 Prove di carico su micropali 111
4.10.39. PROVE NON DISTRUTTIVE 113
4.10.39.1 Prove geofisiche 113
4.10.39.2 Carotaggio continuo meccanico 113
4.10.39.3 Scavi attorno al fusto del palo 113
4.11. FANGHI BENTONITICI 114
4.11.1. Definizione e campi di applicazione 114
4.11.2. Preparazione del fango 114
4.11.3. Trattamento del fango 114
4.11.4. Controllo del fango 115
4.11.5. Prove di controllo 115
4.11.6. Misure del peso specifico o di volume 115
4.11.7. Misura della viscosità 116
4.11.8. Misura del pH 116

4.11.9. Misura del contenuto in sabbia 116

4.11.10. Misura dell'acqua libera e dello spessore del "cake" 116

4.11.bis. TRATTAMENTI COLONNARI (Colonne consolidate - jet-grouting) 117

4.11.bis.1. Definizione 117

4.11.bis.2. Soggezioni geotecniche e idrologiche 117

4.11.bis.3. Caratteristiche delle attrezzature 117

4.11.bis.4. Tolleranze geometriche 117

4.11.bis.5. Tracciamento, programma lavori 117

4.11.bis.6. Esecuzione dei trattamenti 118

4.11.bis.7. Armatura dei trattamenti colonnari 118

4.11.bis.8. Controlli 118

4.11.bis.9. Documentazione dei lavori 119

4.11.ter. POZZI DI FONDAZIONE E CONTRAFFORTI A POZZO 120

4.11.ter.1. Definizione e campi di impiego 120

4.11.ter.2. Dettagli esecutivi 120

4.11.ter.3. Documentazione dei lavori 121

4.11.quater. DRENI 121

4.11.quater.1. Dreni perforati nel terreno 121

4.11.quater.1.0. Definizione e scopo 121

4.11.quater.1.1. Perforazione 121

4.11.quater.1.2. Fornitura e posa del tubo filtrante 121

4.11.quater.1.3. Dispositivo di separazione tra il tratto filtrante ed il tratto cieco 121

4.11.quater.1.4. Lavaggio e manutenzione dei dreni 122

4.11.quater.1.5. Dreni in rocce lapidee 122

4.11.quater.1.6. Dreni in terreni argillosi stringenti 122

4.12. DRENI PREFABBRICATI A NASTRO 122

4.12.1. Definizioni e campo di impiego 122

4.12.2. Requisiti del nastro prefabbricato 123

4.12.3. Preparazione del piano di lavoro e posa del materasso drenante di collegamento 123

4.12.4. Installazione dei dreni 123

4.13. TIRANTI DI ANCORAGGIO NEI TERRENI 124

4.13.1. Definizioni e scopo 124

4.13.2. Prove tecnologiche preliminari 124

4.13.3. Soggezioni geotecniche, idrogeologiche e ambientali 124

4.13.4. Materiali ed elementi costruttivi 125

4.13.4.1 Acciai e dispositivi di bloccaggio 125

4.13.4.2 Miscele di iniezione: composizione e controlli 125

4.13.5. Misura della fluidità con il cono di MARSH modificato 126

4.13.6. Misura dell'essudazione della boiacca (bleeding). 126

4.13.7. Elementi di protezione 126

4.13.8. *Elementi di protezione in tubi di acciaio* 127

4.13.9. *Distanziatori, tamponi e condotti di iniezione* 127

4.13.10. *Tolleranze geometriche* 127

4.13.11. *Perforazione* 128

4.13.12. *Assemblaggio e posa delle armature* 128

4.13.13. *Connessione al terreno* 129

4.13.14. *Iniezione semplice* 129

4.13.15. *Iniezione ripetuta in pressione* 129

4.13.16. *Tesatura e collaudo* 130

4.13.17. *Protezioni anticorrosive in opera* 130

4.13.18. *Documentazione dei lavori* 131

4.13.19. *Celle di carico di tipo elettrico* 131

4.13.20. *Caratteristiche delle celle* 131

4.13.21. *Piastrine di ripartizione* 131

4.13.22. *Posa in opera* 131

4.13.23. *Centralina portatile di lettura* 132

4.14. CONGLOMERATI CEMENTIZI SEMPLICI E ARMATI (NORMALI E PRECOMPRESSI) 132

4.14.1. *Calcestruzzi* 132

4.14.2. *Note sulle caratteristiche dei materiali* 132

4.14.2.1 *Ponti e viadotti* 135

4.14.2.2 *Gallerie e trincee confinate da muri* 135

4.14.3. *Cemento* 135

4.14.4. *Aggregati* 136

4.14.5. *Acqua di impasto* 138

4.14.6. *Additivi* 138

4.14.7. *Additivi fluidificanti, superfluidificanti e iperfluidificanti* 138

4.14.8. *Additivi aeranti* 138

4.14.9. *Additivi ritardanti e acceleranti* 139

4.14.10. *Additivi antigelo* 139

4.14.11. *Silice ad alta superficie specifica (Silicafume)* 139

4.14.12. *Tipi e classi dei conglomerati cementizi* 140

4.14.13. *Qualifica preliminare dei conglomerati cementizi* 142

4.14.14. *Controlli in corso d'opera* 143

4.14.15. *Resistenza dei conglomerati cementizi* 143

4.14.16. *Durabilità dei conglomerati cementizi* 143

4.14.17. *Tecnologia esecutiva delle opere* 144

4.14.18. *Confezione dei conglomerati cementizi* 144

4.14.19. *Disposizioni alle quali attenersi per la realizzazione (confezione, getto, stagionatura e disarmo) del conglomerato cementizio, in presenza di temperature inferiori ai 278 K (soglia minima al di sotto della quale sono messi in crisi i normali tempi di maturazione) nonché in presenza di temperature al di sotto di 273 K* 145

4.14.20. *Trasporto* 146

4.14.21. Posa in opera 146

4.14.22. Stagionatura e disarmo, prevenzione delle fessure da ritiro plastico 147

4.14.23. Maturazione accelerata a vapore 147

4.14.24. Disarmo e scasseratura 148

4.14.25. Protezione dopo la scasseratura 148

4.14.26. Predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature, oneri vari 148

4.14.27. Prova sui materiali e sul conglomerato cementizio fresco 148

4.14.28. Armature per c.a. 149

4.14.29. Armatura di precompressione 149

4.14.30. Protezione catodica delle solette d'impalcato di ponti e viadotti 149

4.14.31. Metodo di Figg per la determinazione del grado di permeabilità all'aria del conglomerato cementizio 150

4.14.32. Apparecchiature e materiali impiegati nella prova 150

4.14.33. Metodologia di prova 150

4.14.34. Classificazione del conglomerato cementizio in base al valore di permeabilità all'aria espresso in secondi 150

4.14.35. Resoconto di prova 150

4.14.36. Rivestimento delle pareti di scavo, pendici o pozzi di fondazione 151

4.14.bis. INIEZIONE NEI CAVI DI PRECOMPRESSIONE 153

4.14.bis.1. Boiacche cementizie per le iniezioni nei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. nuove 153

4.14.bis.1.1. Misura della fluidità con il cono di MARSH modificato 153

4.14.bis.1.2. Misura dell'essudazione della biacca (bleeding) 153

4.14.bis.1.3. Estratto dal D.M. in vigore 153

4.14.bis.2. Miscele a bassa viscosità per le iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. esistenti 154

4.14.bis.2.0. Generalità 154

4.14.bis.2.1. Caratteristiche dei materiali 155

4.14.bis.2.1.1. Iniezione con sistemi epossidici 155

4.14.bis.2.1.2. Iniezione con boiacche cementizie 155

4.14.bis.2.2. Modalità d'iniezione 155

4.14.bis.2.2.1. Iniezioni tradizionali 155

4.14.bis.2.2.2. Iniezioni sottovuoto 156

4.14.bis.2.3. Prove 156

4.15. MANUFATTI PREFABBRICATI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO, NORMALE O PRECOMPRESSO 156

4.16. CASSEFORME, ARMATURE DI SOSTEGNO, CENTINATURE E ATTREZZATURE DI COSTRUZIONE 157

4.16.bis. RIPRISTINO/ADEGUAMENTO D'ELEMENTI STRUTTURALI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO 158

4.16.bis.1. Miscele per il ripristino di superfici degradate 158

4.16.bis.1.1. Materiali 158

4.16.bis.2. Requisiti dei materiali 158

4.16.bis.3. Accettazione e specifiche prestazionali dei materiali per interventi di ripristino/adeguamento 159

4.16.bis.4. Trattamenti prima del ripristino/adeguamento e fasi esecutive 161

4.16.bis.4.1. Asportazione del calcestruzzo degradato 162

4.16.bis.4.2. Trattamento ferri d'armatura 162

4.16.bis.4.3. Posizionamento d'armature aggiuntive 162
4.16.bis.4.4. Posizionamento della rete elettrosaldata di contrasto 162
4.16.bis.4.5. Preparazione delle superfici da ripristinare 163
4.16.bis.4.6. Messa in opera delle miscele di ripristino 163
4.16.bis.4.7. Frattazzatura 165
4.16.bis.4.8. Stagionatura 165
4.16.bis.5 Prove e controlli 165
4.17. SISTEMI PROTETTIVI PER STRUTTURE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO 166
4.17.1. Verrniciature 166
4.17.1.1 NORME TECNICHE 166
4.18. MURATURE 168
4.18.1. Norme generali 168
4.18.2. Murature di mattoni 168
4.18.3. Murature di laterizi pieni e forati, per fabbricati 169
4.18.4. Murature a faccia-vista, per fabbricati 169
4.18.5. Murature ad intercapedine, per fabbricati 169
4.18.6. Murature in blocchetti forati prefabbricati, per fabbricati 169
4.18.7. Murature di pietrame a secco 170
4.18.8. Murature di pietrame e malta 170
4.18.9. Murature in pietra da taglio 171
4.18.10. Murature in pietrame e conglomerato cementizio 171
4.19. INTONACI 171
4.19.1. Intonaci eseguiti a mano 172
4.19.2. Intonaci eseguiti a spruzzo (gunite) 172
4.19.3. Prove e controlli di laboratorio 172
4.20. IMPERMEABILIZZAZIONI 173
4.20.1. MALTA POLIMERICA PER IMPERMEABILIZZAZIONE 173
4.20.1.1 NORME TECNICHE 173
4.20.2. CONGLOMERATI E MALTE POLIMERICHE 174
4.20.3. Con membrane prefabbricate a base bituminosa 174
4.20.4. Barriera antivapore 175
4.20.5. Geotessile 175
4.20.6. Impermeabilizzazioni vasche 175
4.21. IMPERMEABILIZZAZIONE DELLE GALLERIE ARTIFICIALI 175
4.21.1. Manto di impermeabilizzazione realizzato con membrana elastica continua in materiale sintetico epossipoliuretanico spruzzata in opera 176
4.21.1.1 Primer di adesione 176
4.21.1.2 Membrana impermeabilizzante sintetica elastica continua spruzzata in opera 176
4.21.1.3 Mano d'attacco per il collegamento della membrana con la pavimentazione 176
4.21.1.4 Modalità di applicazione 177
4.21.2. Cappa di mastice di asfalto sintetico 177

4.21.2.1 Materiali ... 177
4.21.2.2 Modalità di applicazione ... 178
4.21.2.3 Modalità di preparazione del mastice di asfalto sintetico ... 178
4.21.3. Guaine bituminose preformate armate 179
4.21.3.1 Caratteristiche dei materiali e prove di accettazione ... 179
4.21.3.2 Primer di adesione al supporto ... 179
4.21.3.3 Massa bituminosa della guaina ... 179
4.21.3.4 Armatura delle guaine ... 179
4.21.4. Guaina preformata 180
4.21.4.1 Modalità di posa in opera e prove sul prodotto finito ... 180
4.21.5. Manto di impermeabilizzazione continuo realizzato in opera con bitume modificato con elastomeri ed armato con tessuto non tessuto 181
4.21.5.1 Materiali ... 181
4.21.5.2 Modalità esecutive ... 181
4.21.6. Vernici bicomponenti in catrame e resine epossidiche 181
4.21.6.1 Pianificazione ... 182
4.21.7. Impermeabilizzazione bentonitica 182
4.21.7.1 Caratteristiche tecniche ... 182
4.21.8. SPECIFICHE DI CONTROLLO 182
4.21.8.1 Prove di accettazione ... 182
4.21.8.2 Controlli sulla posa in opera ... 182
4.22. ACCIAIO PER C.A. E C.A.P. 183
4.22.1. Generalità 183
4.22.2. Acciaio in barre ad aderenza migliorata - Fe B 38k, Fe B 44k - controllato in stabilimento 183
4.22.3. Reti in barre di acciaio elettrosaldate 184
4.22.4. Zincatura a caldo degli acciai 184
4.22.4.1 Qualità degli acciai da zincare a caldo ... 184
4.22.5. Zincatura a caldo per immersione 184
4.22.5.1 Trattamento preliminare ... 184
4.22.5.2 Immersione in bagno di zinco ... 184
4.22.6. Finitura ed aderenza del rivestimento 184
4.22.7. Verifiche 184
4.22.8. Certificazioni 185
4.22.9. Lavorazione 185
4.22.10. Acciai inossidabili 185
4.22.11. Acciaio per c.a.p. 186
4.22.12. Fili, barre, trefoli 186
4.22.13. Cavo inguainato monotrefolo 186
4.22.14. Ancoraggi dell'armatura di precompressione 186
4.22.15. Acciai provenienti dall'estero 187
4.23. ACCIAIO PER CARPENTERIA 187
4.23.1. Generalità 187
4.23.2. Collaudo tecnologico dei materiali 188

4.23.3. Controlli in corso di lavorazione 188
4.23.4. Montaggio 189
4.23.5. Strutture portanti 189
4.23.6. Verniciature 190
4.23.6.1 Generalità 190
4.23.6.2 Accettazione dei prodotti vernicianti - Garanzie 190
4.23.6.3 Preparazione delle superfici 191
4.23.6.4 Cicli di verniciatura 191
4.23.7. Ciclo per superfici in vista - Tabella 26 A - 191
4.23.7.1 Esecuzione in officina a lavorazione ultimata: 191
4.23.7.2 Esecuzione in opera ad avvenuto completamento del montaggio 192
4.23.8. Ciclo per superfici interne - Tabella 26 B - 193
4.23.8.1 Esecuzione in officina a lavorazione ultimata 193
4.23.8.2 Esecuzione in opera ad avvenuto completamento del montaggio 193
4.23.9. Ciclo di verniciatura con pittura ignifuga intumescente 195
4.23.10. Manufatti in acciaio profilato 196
4.23.11. Botole, chiusini, ecc. 196
4.23.12. Scala retrattile 196
4.23.13. Griglie pedonabili e/o carrabili 196
4.24. PONTI, VIADOTTI E SOTTOVIA 196
4.24.1. Generalita' 196
4.24.2. Ponti e viadotti in c.a. e c.a.p. ed in carpenteria metallica 198
4.24.2.1 Posa in opera manufatti prefabbricati 198
4.24.2.2 Martinetti provvisori 198
4.24.2.3 Collegamenti provvisori con barre tipo Dywidag 198
4.24.2.4 Montaggio 198
4.24.2.5 Sollevamento impalcati per sostituzione apparecchi di appoggio 198
4.24.2.6 Verniciature e/o Impermeabilizzazione 199
4.24.3. Apparecchi d'appoggio 199
4.24.3.1 Generalità 199
4.24.3.2 Qualificazione 199
4.24.3.3 Materiali e norme di accettazione 200
4.24.3.4 Prove sui materiali 201
4.24.3.5 Fabbricazione 201
4.24.3.6 Assemblaggio 203
4.24.3.7 Prove di accettazione sul prodotto finito 203
4.24.3.8 Posa in opera 203
4.24.4. Dispositivi antisismici 204
4.24.4.1 Generalità 204
4.24.4.2 Requisiti prestazionali 205
4.24.4.3 Requisiti progettuali 205
4.24.4.4 Prove di qualificazione 205
4.24.4.5 Prove di accettazione 206
4.24.4.6 Fabbricazione, assemblaggio e posa in opera 206
4.24.4.7 Protezione delle parti metalliche 206
4.24.4.8 Posa in opera 206
4.24.5. Oneri a carico del Contraente Generale 206
4.24.6. Giunti di dilatazione 207

4.24.6.1 Giunti di dilatazione in acciaio-gomma, a pettine, a piastre metalliche, a lamelle 207
4.24.7. Giunti di dilatazione a tampone viscoelastico 216
4.24.7.1 Generalità 216
4.24.7.2 Prescrizioni acustiche dei giunti a tampone 217
4.24.7.3 Giunto a tampone viscoelastico 217
4.24.7.4 Tampone in bitume modificato ed inerti 218
4.24.7.5 Tampone in bitume modificato ed inerti 220
4.24.7.6 Controllo dei requisiti di accettazione e penalità 221
4.24.8. Dispositivi per lo smaltimento delle acque 222
4.24.9. Sottovia 223
4.24.10. Specifiche di controllo 223
4.24.bis. MANUFATTI TUBOLARI IN LAMIERA D'ACCIAIO ONDULATA 223
4.24.bis.0. Generalità 223
4.24.bis.1. Preparazione del letto di posa 224
4.24.bis.2. Montaggio dei manufatti 224
4.24.bis.2.1. Tombini ad elementi incastrati o imbullonati 224
4.24.bis.2.2. Condotte a piastre multiple 224
4.24.bis.3. Costipamento laterale e riempimento 224
4.24.bis.4. Controllo dei requisiti di accettazione 225
4.25. STRUTTURE DI SOSTEGNO E CONTENIMENTO IN ELEMENTI PREFABBRICATI 225
4.25.1. Generalità 225
4.25.2. Muri di sostegno in pannelli di c.a.v. 225
4.25.3. Muri di sostegno in pannelli di c.a.p. 226
4.25.4. Muri di controripa in pannelli di c.a.v. 226
4.25.5. Muri di sostegno in terra armata 226
4.25.6. Strutture di sostegno a scomparti cellulari 227
4.25.7. Strutture di contenimento in elementi scatolari 227
4.25.8. Strutture di sostegno a paramento verde 227
4.25.9. Struttura di sostegno in terra rinforzata costituita da paramento in pietrame di forma a scatola (Terramesh) 229
4.26. GALLERIE ARTIFICIALI 230
4.26.1. SCAVI 230
4.26.2. Specifiche di controllo 231
4.26.3. Monitoraggio 231
4.26.3.1 Determinazione della sollecitazione in parete (martinetto piatto) 232
4.26.3.2 Misure assestimetriche 232
4.26.3.3 Misure topografiche 233
4.26.3.4 Misure inclinometriche 233
4.26.3.5 Misure estenso-inclinometriche 233
4.26.3.6 Misure della portata d'acqua in galleria 233
4.27. STRATI DI FONDAZIONE 233
4.27.1. Misto granulare non legato per fondazione 233
4.27.1.1 Caratteristiche dei materiali da impiegare 233
4.27.1.2 Studio preliminare 234
4.27.1.3 Modalità esecutive 234

4.27.2. Fondazioni a legante idraulico 235

4.27.2.1 Fondazione (sottobase) in misto cementato confezionato in centrale ... 235
4.27.2.2 Riciclaggio in sito del misto cementato e/o granulare con aggiunta di cemento e acqua ... 238
4.27.2.3 Fondazione in misto cementato realizzato in "situ" con impiego di prodotti stabilizzanti ... 240

4.28. PAVIMENTAZIONI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO 241

4.28.1. Leganti bituminosi di base e modificati 241

4.28.1.1 Leganti bituminosi semisolidi ... 241
4.28.1.2 Bitumi con modifica "SOFT" ... 244
4.28.1.3 Bitumi con modifica "HARD" ... 244
4.28.1.4 Attivanti chimici funzionali (A.C.F.) ... 246
4.28.1.5 Modificanti strutturali (MST) ... 247
4.28.1.6 Leganti sintetici ... 248

4.28.2. Conglomerati bituminosi a caldo 248

4.28.2.1 Conglomerati bituminosi normali di base, collegamento, usura ... 249
4.28.2.2 Conglomerato bituminoso speciale confezionato a caldo in impianto con bitumi a modifica di tipo "SOFT" ... 257
4.28.2.3 Conglomerato bituminoso speciale confezionato a caldo in impianto con bitumi a modifica di tipo "HARD" ... 260
4.28.2.4 - Controllo dei requisiti di accettazione dei conglomerati bituminosi confezionati con legante di tipo "SOFT" ed "HARD" ... 263
4.28.2.5 Conglomerato bituminoso drenante - fonoassorbente per strati di usura ... 263
4.28.2.6 Conglomerato bituminoso per strati di collegamento e di usura di ponti e viadotti ... 268

4.28.3. Controlli prestazionali e relative penali 270

4.28.3.1 Controlli ad alto rendimento: tutti i tipi di conglomerato bituminoso ... 271
4.28.3.2 Controlli ad alto rendimento: PCP ... 276

4.28.4. Prestazioni di controllo da parte della Direzione Lavori 279

4.29. DRENAGGI 280

4.29.1. Drenaggi tradizionali 280

4.29.2. Drenaggi a tergo di murature 280

4.29.3. Drenaggi con filtro in geotessile non tessuto 280

4.29.4. Drenaggi longitudinali con riempimento in conglomerato cementizio poroso (per pavimentazioni esistenti) 280

4.29.5. Drenaggi delle cunette in trincea 281

4.30. GABBIONI E MATERASSI METALLICI 281

4.30.1. Controllo dei requisiti di accettazione 282

4.31. TUBAZIONI, POZZETTI, CANALETTE, MANTELLATE, CUNETTE E FOSSI DI GUARDIA, CORDONATURE, MANUFATTI 283

4.31.1. Tubazioni 283

4.31.1.1 Generalità ... 283
4.31.1.2 Tubi di P.V.C. rigido ... 283
4.31.1.3 Tubi di polietilene ... 283

4.31.2. Tubi in c.a.v. 285

4.31.3. Pozzetti, chiusini, griglie 285

4.31.3.1 Pozzetti prefabbricati in c.a.v. ... 285
4.31.3.2 Pozzetti in muratura ... 285
4.31.3.3 Chiusini e griglie ... 285

4.31.4. Canalette 285

4.31.5. Rivestimento per cunette e fossi di guardia 286

4.31.6. Cordonature 286

4.31.7. Vasche settiche tipo IMHOFF 286

4.31.8. Sifone di cacciata tipo contarino 287

4.31.9. Impianti di depurazione ad ossidazione totale 287

4.31.10. Raccolta acque di prima pioggia 287

4.31.11. Disoleatore 287

4.31.12. Canne fumarie 288

4.31.13. Canalette prefabbricate con griglie in ghisa 288

4.31.14. Impianto di sollevamento acque nere 288

4.32. DIFESE SPONDALI 288

4.33. SOLAI 290

4.33.1. Generalità 290

4.33.2. Solai misti in c.a. e laterizi 290

4.33.3. Solai alleggeriti a struttura in c.a. 290

4.33.4. Solai in lamiera grecata e getto collaborante in c.a. 291

4.33.5. Solai in lastre multifori estruse prefabbricate in c.a. 291

4.34. CONTROSOFFITTI 291

4.34.1. In pannelli ad impasto gessoso 291

4.34.2. In pannelli di fibre minerali 291

4.34.3. In pannelli di lamierino d'alluminio 291

4.34.4. In elementi modulari a cielo aperto 291

4.34.5. In doghe d'alluminio 292

4.34.6. In lastre di gesso cartonato su intelaiatura portante 292

4.34.7. In tavolato d'abete 292

4.34.8. Controsoffitto tagliafuoco 292

4.35. COPERTURE 292

4.35.1. Norme generali 292

4.35.2. In lastre ondulate di fibrocemento 292

4.35.3. In lastre nervate d'alluminio 293

4.35.4. In pannelli Sandwich autoportanti 293

4.35.5. In lastre di lamiera grecata 293

4.35.6. In lastre di metacrilato 294

4.35.7. In pannelli d'acciaio inox 294

4.35.8. In lamiera di rame 294

4.35.bis. PARETI IN PANNELLI PREFABBRICATI 294

4.35.bis.1. Pannelli portanti in c.a.v. normale o alleggerito 294

4.35.bis.2. Pannelli di tamponamento e divisori 295

4.35.bis.2.1. In c.a.v. normale o alleggerito 295

4.35.bis.2.2. In fibrocemento 295

4.35.bis.2.3. In lamiera zincata 295

4.35.bis.2.4. In gesso 295

4.35.bis.2.5. In gesso cartonato 295

4.35.bis.2.6. In agglomerato di cemento bianco e lana di vetro (tipo G.R.C.) 296
4.35.ter. PARETI DIVISORIE MOBILI 296
4.35.ter.1. Norme generali 296
4.35.ter.2. Pareti in lastre di truciolare ignifugo 296
4.35.ter.3. Pareti in lastre di fibrocemento 297
4.35.quater. CONTROFODERE 297
4.35.quater.1. Norme generali 297
4.35.quater.2. Controfodera in pannelli di gesso cartonato 297
4.35.quater.3. Controfodera in lastre trucciolari 297
4.35.quater.4. Controfodera in lastre di fibrocemento 297
4.36. ISOLAMENTI 297
4.37. RIVESTIMENTI 298
4.37.1. Plastico al quarzo 298
4.37.2. Piastrelle smaltate 298
4.37.3. Mattoncini in litoceramica (clinker) 298
4.37.4. Zoccolino battiscopa 298
4.37.5. Lastre in pietra naturale 298
4.37.6. Cordonate in pietra 299
4.37.7. Gradini prefabbricati 299
4.37.8. Gradini rivestiti con profilati di gomma 299
4.37.9. Soglie e davanzali in c.a. 299
4.37.10. Rivestimento con pannelli di acciaio porcellanato 299
4.37.11. Rivestimento in blocchi prefabbricati 300
4.38. VESPAI 300
4.39. PAVIMENTI 300
4.39.1. Norme generali 300
4.39.2. In cubetti di porfido 300
4.39.3. In conglomerato cementizio 301
4.39.3.1 In conglomerato cementizio per nuove pavimentazioni 301
4.39.3.2 In conglomerato cementizio su pavimentazioni esistenti 301
4.39.3.3 In conglomerato cementizio ad alta resistenza 301
4.39.3.4 In conglomerato cementizio per corsie di stazione 301
4.39.4. In lastre di marmo 302
4.39.5. In piastrelle di grès 302
4.39.6. In gomma e vinilico 303
4.39.7. In lastre di calcestruzzo 303
4.39.8. In elementi modulari autobloccanti in cls vibrato 303
4.39.9. In mattonelle 303
4.39.10. In lastre di agglomerato vibrocompresso 303
4.39.11. In moquette 303
4.39.12. In modulare sopraelevato 304

4.40. CANALI DI GRONDA, PLUVIALI, SCOSSALINE, ECC. 304
4.40.1. Norme generali 304
4.40.2. Bocchettoni 304
4.40.3. Canali di Gronda, Foderature, Converse, Scossaline 304
4.40.4. Pluviali 304
4.41. STRUTTURE E LATTONERIE IN ACCIAIO INOX 305
4.41.bis. RIVESTIMENTI IN ALLUMINIO E LEGHE LEGGERE DI ALLUMINIO 305
4.42. INFISSI 305
4.42.1. Norme generali 305
4.42.2. Infissi in legno 306
4.42.2.1 Porte in legno 306
4.42.2.2 Finestre e Portefinestre 307
4.42.3. Infissi in ferro 307
4.42.3.1 Porte 307
4.42.3.2 Finestre e Portefinestre 307
4.42.3.3 Porte tagliafuoco 308
4.42.3.4 Porte blindate 308
4.42.4. Infissi in alluminio e sue leghe 309
4.42.4.1 Porte 309
4.42.4.2 Finestre e Portefinestre 310
4.42.5. Tende alla veneziana 310
4.42.6. Persiane avvolgibili in materia plastica 310
4.42.7. Serrande avvolgibili in acciaio zincato 310
4.42.8. Porte a bilico 311
4.42.9. Portoni ad impacco laterale 311
4.42.10. Portoni di tipo sezionale 312
4.42.11. Lucernari 312
4.43. TINTEGGIATURE E VERNICIATURE 313
4.43.1. Norme generali 313
4.43.2. Tinteggiatura 313
4.43.2.1 Tinteggiatura a tempera 313
4.43.2.2 Tinteggiatura con idropittura 313
4.43.3. Verniciatura di pareti in muratura 313
4.43.4. Verniciature di strutture in acciaio 313
4.43.4.1 Ciclo "A" 313
4.43.4.2 Ciclo "B" 314
4.43.4.3 Ciclo "C" 315
4.43.4.4 Ciclo "D" 316
4.43.4.5 Ciclo "E" 316
4.43.4.6 Ciclo "F" 317
4.43.5. Protezione al fuoco 318
4.43.6. Rivestimenti plastici 318
4.43.7. Ossidazione anodica 318
4.43.8. Verniciature di opere in legno 318

4.43.8.1 Ciclo "A" (ciclo opaco) 319
4.43.8.2 Ciclo "B" (ciclo trasparente) 319
4.44. GRUPPI FRIGORIFERI a compressione - GENERALITÀ 319
4.44.1. GRUPPO FRIGORIFERO A COMPRESSIONE AD ARIA 320
4.44.2. SISTEMA DI ESPANSIONE 321
4.44.2.1 GENERALITÀ 321
4.44.2.2 VASI DI ESPANSIONE A MEMBRANA 321
4.44.3. SCAMBIATORI DI CALORE 322
4.44.3.1 GENERALITÀ 322
4.44.3.2 SCAMBIATORI DI CALORE A PIASTRE 322
4.44.4. GENERATORE DI CALORE 322
4.44.4.1 NORME, STANDARD E PRESCRIZIONI 322
4.44.4.2 DESCRIZIONE TECNICA 323
4.44.5. COLLAUDO PROVVISORIO 323
4.45. BRUCIATORI 324
4.45.1. NORME, STANDARD E PRESCRIZIONI 324
4.45.2. CARATTERISTICHE TECNICHE 324
4.45.3. COLLAUDO PROVVISORIO IN OPERA 325
4.45.4. Caldaia in acciaio pressurizzata a condensazione 325
4.45.5. Bruciatore progressivo a due stadi per gas metano 326
4.45.6. Caldaia murale a condensazione a camera stagna 326
4.45.7. GRUPPI TRATTAMENTO ARIA 327
4.45.7.1 unita' di trattamento aria 327
4.45.7.2 Condizionatore (sezione di mandata aria) 327
4.45.7.3 Estrattore (sezione di ripresa aria) 328
4.45.8. Sistema di contabilizzazione fiscale dell'Energia termica e del consumO di acqua sanitaria 329
4.45.9. Cassette di contenimento 329
4.45.10. Pannelli elettronici 329
4.45.11. Contatore a turbina 330
4.45.12. Sonde termometriche 331
4.45.13. ELETTROPOMPE 331
4.45.13.1 POMPE PER MONTAGGIO ORIZZONTALE 331
4.45.13.2 POMPE PER MONTAGGIO SU TUBAZIONI (in line) 331
4.45.13.3 POMPE MONOBLOCCO A BOCCHE ORTOGONALI 332
4.45.13.4 Sistema di distribuzione gasolio 332
4.45.14. VENTILCONVETTORI 333
4.45.15. Pannelli radianti a pavimento 333
4.45.16. CANALI DELL'ARIA 334
4.45.17. ACCESSORI PER CANALI D'ARIA 335
4.45.17.1 SILENZIATORE 335
4.45.17.2 SERRANDA TAGLIAFUOCO motorizzata 336
4.45.17.3 SERRANDA DI TARATURA 336
4.45.17.4 BOCCHETTA DI MANDATA DA VENTICONVETTORE DA INCASSO 337
4.45.17.5 DIFFUSORE CIRCOLARE 337
4.45.17.6 DIFFUSORE LINEARE 337

4.45.17.7 GRIGLIA DI ASPIRAZIONE 337
4.45.17.8 GRIGLIA DI TRANSITO 337
4.45.17.9 VALVOLA DI ASPIRAZIONE 337
4.45.17.10 CONDOTTO FLESSIBILE DI COLLEGAMENTO 338
4.45.17.11 GRIGLIA DI PRESA DELL'ARIA ESTERNA O DI ESPULSIONE 338
4.45.18. TUBAZIONI 338
4.45.18.1 Generalità 338
4.45.18.2 TUBAZIONI PER ACQUA 340
4.45.18.3 Tubazioni per acqua calda di riscaldamento e refrigerata 341
4.45.18.4 Individuazione dei circuiti 342
4.45.18.5 TUBAZIONI GAS METANO 342
4.45.19. Impianti di scarico 343
4.45.20. Sistema di addolcimento 344
4.45.21. Autoclave 344
4.45.22. Sistemi di rilancio acque di drenaggio e acqua nere autorimessa 344
4.45.23. VERNICIATURE 345
4.45.24. Apparecchiature di controllo, monitoraggio e sicurezza 345
4.45.25. SISTEMA DI CONTABILIZZAZIONE FISCALE DELL'ENERGIA TERMICA 346
4.45.26. MANOMETRI 346
4.45.27. PRESSOSTATI 346
4.45.28. TERMOMETRI 346
4.45.29. TERMOSTATI 346
4.45.30. POZZETTI TERMOMETRICI 347
4.45.31. FLUSSOSTATI 347
4.45.32. SONDA TRASMETTITRICE ELETTRONICA DI TEMPERATURA 347
4.45.33. FLANGE TARATE PER MISURAZIONE DI PORTATA 347
4.45.34. MISURATORI ELETTROMAGNETICI DI PORTATA 348
4.45.35. CONTATORI VOLUMETRICI D'ACQUA 349
4.45.36. GRUPPO DI CARICAMENTO PER IMPIANTI A VASO CHIUSO 349
4.45.37. Valvole 349
4.45.37.1 valvole a farfalla servocomandata elettricamente on/off 349
4.45.37.2 valvole di regolazione a due o tre vie servocomandata elettricamente, modulante 350
4.45.37.3 Valvole a disco (o a flusso avviato) 350
4.45.37.4 Valvole di ritegno 351
4.45.37.5 Valvole a sfera a due - tre vie 351
4.45.37.6 Valvole a farfalla 352
4.45.37.7 Valvole di sicurezza 352
4.45.38. RIVESTIMENTI ISOLANTI 352
4.45.38.1 rivestimenti per Tubazioni acqua calda e refrigerata impianti di climatizzazione 352
4.45.38.2 FINITURA 354
4.45.38.3 COMPARTIMENTAZIONE 354
4.45.38.4 STAFFAGGI 354
4.45.39. ORGANI DI PROTEZIONE DALLE IMPURITA' 354
4.45.40. Apparecchiature antincendio 355
4.45.40.1 Manichette e gruppi motopompa 355
4.45.40.2 Gruppo di pressurizzazione antincendio 355

4.45.40.3 Stazioni di controllo e allarme 356
4.45.40.4 Erogatori sprinkler 356
4.45.41. Sistemi di sollevamento acque 358
4.45.42. Impianti idrici sanitari ed irrigazione 358
4.45.43. MODULO DI PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA 359
4.45.44. APPARECCHI SANITARI 359
4.45.44.1 LAVABO CON COLONNA 359
4.45.44.2 VASO 360
4.45.44.3 BIDET 360
4.45.44.4 VASCA 360
4.45.44.5 PIATTO DOCCIA AD INCASSO 360
4.46. IMPIANTI ELETTRICI 360
4.46.1. Definizione dell'intervento 360
4.46.2. NORME, DECRETI, DISPOSIZIONI DI LEGGE, REGOLAMENTI 360
4.46.3. VERIFICHE E PROVE PRELIMINARI 361
4.46.3.1 COLLAUDI 361
4.46.3.2 Collaudi tecnici in officina: 361
4.46.4. Quadri di bassa tensione 361
4.46.4.1 Collaudi in cantiere 362
4.46.5. ONERI A CARICO DELL'APPALTATORE 362
4.46.6. PRESCRIZIONI TECNICHE DEI COMPONENTI IMPIANTISTICI E MODALITA' ESECUTIVE 363
4.46.6.1 CAVI E CONDUTTORI 363
4.46.6.2 CARPENTERIE METALLICHE 366
4.46.7. QUADRI ELETTRICI 366
4.46.7.1 Carpenteria 367
4.46.7.2 Verniciature 367
4.46.7.3 Sicurezza del personale preposto alla manovra 367
4.46.7.4 Apparecchiature 368
4.46.7.5 Collegamenti di potenza 368
4.46.7.6 Componenti e apparecchiature interne ai quadri 369
4.46.7.7 Collegamenti alle linee esterne 369
4.46.7.8 Targhe 369
4.46.8. Interruttori 370
4.46.8.1 INTERRUTTORI AUTOMATICI MAGNETOTERMICI E DIFFERENZIALI FINO A 50 KA 370
4.46.8.2 Interruttore differenziale con sganciatore automatico 370
4.46.8.3 INTERRUTTORI MODULARI MAGNETOTERMICI E DIFFERENZIALI 370
4.46.9. SALVAMOTORI 372
4.46.10. CONTATTORI 372
4.46.11. BASI PORTAFUSIBILI - FUSIBILI 373
4.46.12. Prescrizioni particolari per i quadri tipo POWER CENTRE 373
4.46.12.1 a. Carpenteria 373
4.46.12.2 b Accessibilità e segregazioni 374
4.46.12.3 Power centre 374
4.46.12.4 c. Circuiti ausiliari 374
4.46.12.5 d. Strumenti di misura 375
4.46.13. QUADRI M.T. 375
4.46.13.1 Norme di riferimento 375

4.46.13.2 Generalità 375
4.46.13.3 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE 376
4.46.13.4 CELLA INTERRUTTORE/LINEA 376
4.46.13.5 CELLA STRUMENTI 377
4.46.13.6 Sbarre e connessioni 377
4.46.13.7 Impianti di terra nel quadro 377
4.46.13.8 Interblocchi 378
4.46.13.9 MESSA IN SERVIZIO: 378
4.46.13.10 MESSA FUORI SERVIZIO: 378
4.46.13.11 SCOMPARTI CON SEZIONATORE DI LINEA (Interruttori di manovra o rotativo) 378
4.46.13.12 Verniciatura 378
4.46.13.13 APPARECCHIATURE 379
4.46.13.14 Sezionatori rotativi 380
4.46.13.15 Trasformatori di corrente e di tensione 381
4.46.13.16 Apparecchiature ausiliarie ed accessori 381
4.46.13.17 Cavetteria e circuiti ausiliari 381
4.46.13.18 Prove e certificazioni 382
4.46.14. ATTREZZATURE AUSILIARIE DI CABINA 382
4.46.15. TRASFORMATORI IN RESINA 382
4.46.16. IMPIANTO DI TERRA 383
4.46.16.1 Impianto contro le tensioni di contatto 383
4.46.16.2 Rete di dispersione 384
4.46.17. Protezione contro le scariche atmosferiche 384
4.46.17.1 Apparecchiature di comando 384
4.46.17.2 Prese 385
4.46.18. APPARECCHI ILLUMINANTI 385
4.46.bis. FORNITURA E POSA DI PIEZOMETRI IN FORO DI SONDAGGIO 387
4.46.bis.1. Generalità 387
4.46.bis.2. Fornitura 387
4.46.bis.3. Foro di preparazione 387
4.46.bis.4. Installazione 387
4.46.bis.5. Documentazione 388
4.46.ter. FORNITURA E POSA DI TUBI INCLINOMETRICI 388
4.46.ter.1. Generalità 388
4.46.ter.2. Fornitura 388
4.46.ter.2.1. Tubi 388
4.46.ter.2.2. Manicotto di giunzione 388
4.46.ter.2.3. Dispositivi per iniezione di sigillatura 388
4.46.ter.2.4. Materiali 388
4.46.ter.3. Posa in foro di sondaggio verticale 389
4.46.ter.4. Posa di tubazione inclinometrica orizzontale 389
4.46.ter.5. Documentazione 390
4.47. OPERE IN VERDE 390
4.47.1. Generalità 390
4.47.2. Caratteristiche dei vari materiali 390
4.47.3. Esecuzione dei lavori 393

4.47.3.1 Prescrizioni generali 393
4.47.3.2 Preparazione delle zone d'impianto 394
4.47.3.3 Tracciamenti 394
4.47.3.4 Esecuzione degli impianti 394
4.47.3.5 Impianto di tappeti erbosi e/o zolle 395
4.47.3.6 Semine di prati 395
4.47.3.7 Rimboschimento con semenzali e impianto di talee 396
4.47.3.8 Protezione di scarpate in trincea mediante stuoie biodegradabili paglia e fibre vegetali 396
4.47.3.9 Protezione di scarpate in trincea mediante stuoie in materiale termoplastico. 396
4.47.3.10 Rivestimento di scarpate in roccia con rete metallica 397

4.47.4. Manutenzione degli impianti e cure colturali 397

4.48. BARRIERE DI SICUREZZA 399

4.48.1. Barriere metalliche 399

4.48.1.1 Accettazione dei materiali 399
4.48.1.2 Qualità dei materiali 399
4.48.1.3 Modalità d'esecuzione 400
4.48.1.4 Prove - penali 401

4.48.2. Barriere prefabbricate a profilo New Jersey 402

4.48.2.1 Caratteristiche tecniche 402
4.48.2.2 Materiali 402
4.48.2.3 Posa in opera 403

4.48.3. Corrimano metallico strutturale 404

4.48.3.1 Resistenze strutturali e protezione dei materiali 404
4.48.3.2 Posa in opera 404
4.48.3.3 Prove sui materiali 404

4.48.4. Barriere in acciaio a profilo New Jersey 405

4.48.4.1 Materiali 405
4.48.4.2 Zincatura 405

4.48.5. Verniciatura protettiva 405

4.48.6. Collaudo delle barriere 405

4.49. Recinzioni metalliche 406

4.49.1. Caratteristiche delle opere 406

4.49.2. Qualità dei materiali - Prove 408

4.49.3. Accettazione dei materiali 409

4.49.4. Modalità d'esecuzione 410

4.49.5. Penali 410

4.50. SEGNALETICA VERTICALE E ORIZZONTALE 411

4.50.1. Premessa 411

4.50.2. Segnaletica verticale 411

4.50.2.1 Costruzione dei cartelli 411
4.50.2.2 Strutture per la segnaletica verticale 413
4.50.2.3 Posa in opera 415

4.50.3. GARANZIE DI DURATA 415

4.50.3.1 Certificazioni e prove 415
4.50.3.2 Penali 416

4.50.4. Delineatori stradali 416

4.50.4.1 Delineatori normali di margine 417

4.50.4.2 Delineatori speciali 418

4.50.5. Segnaletica orizzontale 419

4.50.5.1 Premessa 419
4.50.5.2 Classificazione dei materiali per segnaletica orizzontale 419
4.50.5.3 Caratteristiche dei materiali 421
4.50.5.4 Strisce laminate autoadesive prefabbricate, retroriflettenti con preinserimento di materiali ad alto indice di rifrazione 423
4.50.5.5 Prove sui materiali applicati 424
4.50.5.6 Controlli in laboratorio 424
4.50.5.7 Controlli con strumentazione portatile in sito 425
4.50.5.8 - Controlli con strumentazione ad alto rendimento 425

4.50.6. Esecuzione dei lavori 426

4.50.6.1 Penali 426
4.50.6.2 Certificazione di qualità 426

4.51. BARRIERE ANTIRUMORE 426

4.51.1. Certificazioni dei materiali 426

4.51.1.1 Classificazione dei pannelli e modalità d'esecuzione delle prove in laboratorio per la prequalificazione acustica 426
4.51.1.2 Modalità d'esecuzione delle prove in campo aperto per la prequalificazione acustica dei sistemi insonorizzanti 428

4.51.2. Caratteristiche dei pannelli e dei materiali costituenti le barriere 430

4.51.2.1 Pannelli metallici 430
4.51.2.2 Pannelli in calcestruzzo armato: caratteristiche e verifiche 432
4.51.2.3 Pannelli in calcestruzzo armato normale o precompresso e calcestruzzo in argilla espansa o pomice: caratteristiche e verifiche 432
4.51.2.4 Pannelli in calcestruzzo armato alleggerito con argilla espansa strutturale: caratteristiche e verifiche 432
4.51.2.5 Barriere di sicurezza in calcestruzzo incorporanti dispositivi fonoassorbenti selettivi per campi di frequenza: caratteristiche e verifiche 433
4.51.2.6 Pannelli in legno: caratteristiche e verifiche 434
4.51.2.7 Pannelli in laterizio forato: caratteristiche e verifiche 434
4.51.2.8 Pannelli trasparenti: caratteristiche e verifiche 435
4.51.2.9 Pannelli baffles 435

4.51.3. Pannelli manufatti in materiale plastico 435

4.51.3.1 Caratteristiche dei montanti 436
4.51.3.2 Accessori 436
4.51.3.3 Caratteristiche costruttive 436
4.51.3.4 Manutenzione 438
4.51.3.5 Barriere vegetali 438

4.51.4. Controllo sui materiali 438

4.51.5. Prove di collaudo 439

4.51.5.1 Prove di collaudo in sito dei materiali impiegati e delle tipologie costruttive 439
4.51.5.2 Misure effettuate per controllare in situ l'insertion loss di barriere o di sistemi insonorizzanti (Misure da effettuare ante e post operam) 439

4.51.6. Allegati 439

4.51.6.1 Prova di tenuta ai liquidi 439
4.51.6.2 Prova della stabilità degli elementi delle pareti antirumore con carico dovuto al vento 440
4.51.6.3 Metodo impulsivo (secondo la Norma AFNOR S 31-089 modificata) 441

4.52. IMPIANTI TECNOLOGICI A SERVIZIO DELLA TRATTA AUTOSTRADALE 453

4.52.1. AVVERTENZE GENERALI 453

4.52.2. MATERIALI E FORNITURE IN GENERE 453

4.52.3. DISPONIBILITA' DEI MATERIALI 453

4.52.4. CERTIFICATO DI QUALITÀ' (QUALIFICAZIONE) 454

4.52.5.	ACCERTAMENTI PRELIMINARI (ACCETTAZIONE)	454
4.52.6.	PROVE SISTEMATICHE DI CONTROLLO IN FASE ESECUTIVA	454
4.52.7.	PRESCRIZIONI GENERALI DI ESECUZIONE DEI PRINCIPALI LAVORI	454
4.52.8.	REQUISITI DI CORRISPONDENZA A NORME, LEGGI E REGOLAMENTI.	454
4.52.9.	QUALITA' E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E DELLE APPARECCHIATURE	455
4.52.10.	VERIFICHE E PROVE IN CORSO D'OPERA DEGLI IMPIANTI	455
4.52.11.	NORME PER IL COLLAUDO DEFINITIVO DEGLI IMPIANTI	455
4.52.12.	VERIFICHE A CARICO DELL'IMPRESA	455
4.52.13.	STRUMENTAZIONE PER LE VERIFICHE IN CORSO D'OPERA, PER LA VERIFICA PROVVISORIA E PER IL COLLAUDO DEFINITIVO DEGLI IMPIANTI	457
4.52.14.	DOCUMENTAZIONE DA PRESENTARE	457
4.52.15.	GARANZIA DEGLI IMPIANTI	458
4.52.16.	NORMATIVE E MODALITA' DI ESECUZIONE DEGLI IMPIANTI	458

1. INTRODUZIONE

1.1. OBIETTIVI GENERALI DEL PROGETTO

La Tangenziale Est Esterna si inquadra nel contesto viabilistico autostradale milanese oggi investito della duplice funzione di crocevia degli assi padano e appenninico e di distribuzione degli intensi flussi di traffico a carattere regionale e provinciale propri di una delle aree più densamente abitate e industrializzate di Europa.

L'ipotesi realizzativa del nuovo collegamento autostradale si prefigge l'obbiettivo di risolvere il problema del traffico nell'area est di Milano nel rispetto di un disegno evolutivo complessivo del nodo infrastrutturale milanese.

La necessità di tale intervento discende sia dalla forte esigenza di relazioni infraprovinciali autonome rispetto all'assetto metropolitano milanese (ad esempio da e per l'area briantea, ecc.) e pertanto tangenziali ad esso, sia dall'acclarata impossibilità dell'esistente sistema infrastrutturale di reggere ulteriormente il carico viabilistico proprio (interno e di scambio dell'area milanese) e quello di transito che oggi soffocano l'attuale sistema tangenziale (A50, A51, A52 e tratto nord dell'A4), ove si registrano volumi di traffico con punte da primato europeo e valori medi giornalieri sull'attuale tangenziale est superiori a 100.000 veicoli, di cui quasi il 20% pesanti. Tale situazione di emergenza è ulteriormente stressata dall'ormai imminente rafforzamento dell'asse di scambio con le aree ad est di Milano, rappresentato sia dalla nuova autostrada Milano–Brescia, sia dal potenziamento a quattro corsie per senso di marcia del tratto dell'autostrada A4 tra Milano Est e Orio al Serio.

La Tangenziale Est esterna di Milano, realizzando il collegamento tra l'Autostrada A1, il nuovo asse autostradale Brescia-Bergamo-Milano, l'Autostrada A4, l'attuale Tangenziale est di Milano e di conseguenza con il futuro sistema autostradale pedemontano, si configura quindi come intervento di riassetto infrastrutturale di importanza primaria.

1.2. DESCRIZIONE DEI LUOGHI

1.2.1. Inquadramento territoriale dell'intervento

La nuova infrastruttura si sviluppa per circa 33.0 km attraverso la pianura lombarda con giacitura prevalentemente Nord-Sud interessando principalmente il territorio della Provincia di Milano per circa 25.6 Km e solo marginalmente, praticamente lungo i confini provinciali, quello della Provincia di Lodi per circa 7.4 Km.

Nell'attraversamento delle due province summenzionate vengono a loro volta interessati complessivamente 27 territori comunali, così suddivisi:

1. Provincia di Milano (20 Comuni): Agrate Brianza, Caponago, Cambiago, Cavenago, Pessano Con Bornago, Gessate, Gorgonzola, Bellinzago Lombardo, Pozzuolo Martesana, Melzo, Truccazzano, Liscate, Paullo, Tribiano, Dresano, San Giuliano Milanese, Vizzolo Predabissi, Cerro Al Lambro.

2. Provincia di Lodi (7 Comuni): Comazzo, Merlino, Zelo Buon Persico, Mulazzano, Casalmaiocco, Tavazzano, Sordio.

Il tracciato interessa inoltre tre parchi: il Parco del Torrente Molgora, il Parco Agricolo Sud Milano e il Parco della Valle dell'Adda Sud.

La morfologia del territorio interessato è pianeggiante, attraversato da numerosissimi corsi d'acqua e canali; il livello della prima falda freatica si innalza da nord verso sud ed è particolarmente alto tanto da risultare il principale vincolo altimetrico nello studio del tracciato.

1.2.2. Inquadramento infrastrutturale dell'intervento

Il territorio interessato dal nuovo intervento può essere individuato nelle aree comprese tra i seguenti assi infrastrutturali primari :
1. a Nord, dal tratto est dell'autostarda A4 "Milano-Venezia" e ancora più a nord dal futuro asse della Pedemontana Lombarda, nel tratto Vimercate-Dalmine;
2. a Ovest, dalla A51 "Tangenziale est di Milano", per la sua intera estensione (Usmate-S. Donato M.);
3. a Sud, dalla A1 "Autostrada del sole", nel tratto Lodi-San Donato Milanese;
4. a Est, dal fiume Adda con le aree immediatamente ad Ovest.

La porzione del territorio così individuata risulta interessata oltre che dagli assi primari evidenziati, dai seguenti assi primari e secondari:
- nuovo collegamento autostradale diretto Milano-Brescia;
- S.S. 11 Padana Superiore, per il tratto Tg Est – Gorgonzola – Treviglio;
- S.P. 103 Cassanese, di cui è previsto il raddoppio di carreggiata da Milano a ovest di Melzo nell'ambito degli interventi connessi al nuovo collegamento diretto Mi-Bs;
- S.P. 14 Rivoltana, con raddoppio di carreggiata fino a Truccazzano, anche in questo caso previsto nell'ambito degli interventi connessi al nuovo collegamento diretto Mi-Bs;
- S.S. 415 Paullese, tratto Mi-Crema, di cui è previsto il raddoppio di carreggiata nel Piano Triennale ANAS (per il tratto in provincia di Milano è in corso il progetto definitivo);
- S.S. 9 Emilia, per il tratto Tg Est – Melegnano – Lodi;
- S.P. 13, S.P. 39, a costituire il cosiddetto itinerario "della cerca", da Tg Est a Melegnano

Il territorio è inoltre interessato dalle seguenti linee di ferroviarie e metropolitane:
- linea ferroviaria Milano-Venezia e interventi di quadruplicamento per il collegamento ferroviario ad "alta capacità" Milano-Verona;
- linea Ferroviaria Milano-Bologna e interventi di realizzazione della relativa linea "alta capacità";
- linea metropolitana MM2 Milano-Gessate, di cui è prevista la prosecuzione fino a est dell'abitato di Bellinzago Lombardo (PTCP Provincia di Milano).

Sempre in merito agli assi di trasporto pubblico metropolitano risultano previsti nell'ambito del PTCP della Provincia di Milano i seguenti interventi interessanti il nuovo asse viario:
- prosecuzione della linea metropolitana MM2 Milano-Cologno Monzese, sino all'abitato di Vimercate, con nodi di interscambio a Agrate e Vimercate;
- prosecuzione della linea metropolitana MM3 Milano-S.Donato Milanese, sino ai confini provinciali in corrispondenza dell'abitato di Paullo, con nodo di interscambio alla stazione di testa, di recente sviluppato e presentato a livello di studio di fattibilità dagli organi territorialmente competenti.

1.3. OSSERVANZA DI LEGGI E REGOLAMENTII

Norme sulla progettazione stradale

- CNR - Consiglio Nazionale delle Ricerche, Commissione di studio per le norme relative ai materiali stradali e progettazione, costruzione e manutenzione strade. D.P. CNR N.. 13465 del 11/09/1995. **"Criteri per la classificazione delle strade esistenti ai sensi dell'art. 13, comma 4 e 5 del Nuovo Codice della Strada"**, Rapporto Finale, approvato in data 13/03/1998.
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Ispettorato Generale per la Circolazione e la Sicurezza Stradale, Circolare N. 3699 dell'8 giugno 2001 **"Linee Guida per le Analisi di Sicurezza delle Strade".**
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Decreto 5 novembre 2001 **"Norme funzionali e Geometriche per la Costruzione delle Strade"**, G.U. n° 5 del 4 gennaio 2002.
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (2004) Decreto 22 aprile 2004, n° 67/S Modifica del decreto 5 novembre 2001, n° 6792, recante **"Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade"**, pubblicato sulla G.U. del 25 giugno 2004.

Norme sulle barriere di sicurezza stradali

- D.M. M.LL.PP. del 18 febbraio 1992 n. 223 **"Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza"**
- D.M. M.LL.PP. del 15 ottobre 1996 n. 4621 **"Aggiornamento del Decreto Ministeriale 18 febbraio 1992 n. 223, recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza"**
- D.M. M.LL.PP. del 03 giugno 1998 **"Ulteriore aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza"**
- D.M. M.LL.PP. del 11 giugno 1999 **"Integrazioni e modificazioni al Decreto Ministeriale 03 giugno 1998, recante aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza**
- D.M.. del 21 giugno 2004 n. 2367 - **"Aggiornamento delle Istruzioni Tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale";**

Norme sulla segnaletica stradale

- Decreto Legislativo 30 Aprile 2002 n. 285 - **"Nuovo Codice della Strada";**
- D.P.R. 16 Dicembre 1992 n. 495 – **"Regolamento di esecuzione ed attuazione del nuovo Codice della Strada";**
- Decreto Legislativo 15 Gennaio 2002 n. 9 – **"Disposizioni Integrative e correttive del Decreto Legislativo del nuovo Codice della Strada";**

Norme per le opere strutturali

- Legge 5 novembre 1971 n° 1086 **"Norma per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, precompresso e per le strutture metalliche";**
- ORDINANZA N. 3274 DEL 20/03/2003 DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI E SS.M.I.: **"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".**
- D.M. 14 SETTEMBRE 2005: **"Norme Tecniche per le costruzioni"**
- Istruzione FS 44a:***"Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo di cavalcavia e passerelle pedonali sovrastanti la sede ferroviaria".***
- DOC. F.S. I/SC/PS-OM/2298 DEL 2 GIUGNO 1995 E REV. GENTILE. DEL 13 GENNAIO 1997: ***"Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari. Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo".***
- Istruzione FS44b: ***"Istruzioni tecniche per manufatti sottobinario da costruire in zona sismica".***
- Istruzione FS 44d: ***"Istruzione Tecnica per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo".***
- CNR – UNI 10011: ***"Costruzioni d'Acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione".***
- CNR – UNI 10016: ***"Travi composte di acciaio e calcestruzzo – Istruzioni per l'impiego nelle costruzioni".***
- CNR – UNI 10030: ***"Anime irrigidite di travi a parete piena".***
- CNR – UNI 10018: ***"Apparecchi d'appoggio in gomma e PTFE nelle costruzioni – Istruzioni per il calcolo e l'impiego".***
- AICAP: ***"Ancoraggi nei terreni e nelle rocce – Raccomandazioni".***
- DIN 4114 : ***"Stahlbau, Stabilitätsfälle".***
- DIN 17100 : ***"Allgemeine Baustähle, Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen ".***
- UNI EN 206-1:***"Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità".***
- UNI 11104: ***"Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1".***
- EN 10027: ***"Sistemi di designazione degli acciai".***
- Eurocodice 1: ***"Azioni sulle strutture".***
- Eurocodice 2: ***"Progettazione delle strutture in calcestruzzo".***
- Eurocodice 3: ***"Progettazione delle strutture di acciaio".***

- Eurocodice 4: ***"Progettazione delle strutture composte acciaio - calcestruzzo".***
- Eurocodice 7: ***"Progettazione geotecnica".***
- Eurocodice 8: ***"Progettazione delle strutture per la resistenza sismica".***

Norme sugli Impianti

- -Il regolamento e le prescrizioni comunali relative alla zona di realizzazione dell'opera;
- -le disposizioni delle Società erogatrici;
- -tutte le Leggi dello Stato e le norme relative agli impianti emanate dai VV.F., (A.N.C.C.), ISPESL., (ENPI), C.E.I., C.N.R. - UNI, ecc. di cui nel seguito sono citate le principali, a titolo esemplificativo e non limitativo;
- -R.D. 27 luglio 1934 n. 1265 - Approvazione del testo unico delle Leggi sanitarie;
- -circolare n. 13 del 1/6/1962 del Ministero della Sanità "Erogazione acqua potabile negli edifici". Vigilanza sugli impianti interni di distribuzione idrica;
- -circolare n. 190 del 2/11/1970 del Ministero della Sanità "Erogazione acqua potabile negli edifici". Vigilanza e prescrizioni tecniche ai fini dell'inquinamento dell'acqua potabile;
- -Legge 30/4/1962 n. 283 e successive modificazioni e regolamenti di esecuzione (D.P.R. 1980 n. 327) "Disciplina igienica della produzione e vendita delle sostanze alimentari e delle bevande";
- -circolare n. 11633 del 7/1/1974 del Ministero LL.PP.: "Istruzione per la progettazione di fognature e impianti di depurazione";
- -Legge 10/5/1976 n. 319 "Tutela delle acque dall'inquinamento";
- -Disp. LL.PP. del 4/2/1977 "Norme tecniche di cui all'art. 2 della Legge n. 319 (G.U. 48 del 21/2/1977)";
- -D.M. 21/11/1972 "Norme per la costruzione di apparecchi a pressione";
- -D.M. 21/5/1974 "Norme integrative per il regolamento approvato con R.D. 12/5/1927 n. 824 (Relativa raccolta "E/74");
- -D.M. 1/2/1986 "Norme di sicurezza antincendi per la costruzione e l'esercizio di autorimesse e simili";
- -D.M. 27/9/1965 "Determinazione delle attività soggette alle visite periodiche di prevenzione incendi";
- -D.M. 16/2/1982 "Modificazioni del D.M. 27/9/1965";
- -Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici:
- D.P.R. n. 1.052 del 28/6/1977 «Regolamento di esecuzione della Legge n. 373 del 30/4/76 relativa al consumo energetico per uso termici negli edifici»;
- D.M. 10/3/1977 (determinazione zone climatiche) ecc.
- Legge n. 178 del 16/5/1980 «Disposizioni sui consumi energetici»;
- Legge n. 103 del 1/4/1981 «Disposizioni per il contenimento dei consumi energetici»;
- D.M. 30/7/1986 (aggiornamento coefficienti dispersione termica);
- Legge n. 10 del 9/1/1991 - Norme per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.
- D.P.R. n. 412 del 26/8/1993 - Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge n. 10;
- -Provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico Legge 13/7/1966 n. 615 e relativi regolamenti di esecuzione e chiarimenti:
- D.P.R. n. 1.288 del 24/10/1967 «Regolamento di esecuzione della Legge 615/66 recante provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico»;
- D.M. Min. Sanità n. 12.801 del 23/11/1967 «Ripartizione dei comuni interessati alla prevenzione dell'inquinamento nelle zone A e B previste dalla L. 615/66»;

- D.P.R. n. 1.391 del 22/12/1970 «Regolamento per l'esecuzione della L. 615/66 recante provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico, limitatamente al settore impianti termici»;
- D.P.R. 15/4/1971 n. 322
- Circolare Min. Interni 16/6/1971 n. 110
- Circolare Min. Interni 29/6/1971 n. 73
- Circolare Min. Sanità 5/8/1971 n. 145;
- D.P.R. n. 547 del 27/4/1955 art. 37: relativo all'obbligo, da parte del Progettista, del preventivo esame per l'approvazione del progetto di nuovi impianti da parte del Corpo dei Vigili del Fuoco ed all'obbligo, da parte dell'Impresa, di richiedere la visita di collaudo ad impianto ultimato, prima dell'inizio dell'impiego;
- D.M. 27 settembre 1965: determinazione delle attività soggette alle visite di prevenzione incendi, modificato con D.M. 16 febbraio 1982;
- Circolare n. 8578 del 26 febbraio 1976 dell'ISPELS: firma dei progetti di apparecchi ed impianti di cui al D.M. 1 dicembre 1975;
- Raccolta M, S, USR, VSG, E, R delle specificazioni tecniche emanate dall'ISPELS in applicazione dei DD.MM. 21 novembre 1972, 21 maggio 1974, 1 dicembre 1974, 1 dicembre 1975 e relativi addenda;
- Legge 7 dicembre 1984 n. 818 «Nulla Osta provvisorio per le attività soggette ai controlli di prevenzione incendi»;
- Circolare n. 28 del 19 aprile 1972 del Ministero dell'Interno - Direzione Generale della Protezione Civile e dei Servizi Antincendio Servizio Tecnico Centrale "Chiarimenti circa l'applicazione delle norme vigenti riguardanti gli impianti termici";
- D.M. 1 dicembre 1975 "Norme di sicurezza per apparecchi contenenti liquidi caldi sotto pressione";
- Circolare n. 32875 del 20/8/1976 ANCC "D.M. 1/12/1975 Impianti di riscaldamento ad acqua calda con vaso di espansione chiuso di potenzialità fino a W 348.683;
- Norme UNI 5364/76 e successive modifiche (UNI F.A. - 38) Impianti di riscaldamento ad acqua calda - Regole per la presentazione dell'offerta e per il collaudo;
- Norme UNI 5104/63 - Impianti di condizionamento dell'aria, norme per l'ordinazione, l'offerta, il collaudo;
- Norme UNI 7357/74 - Calcolo del fabbisogno termico per il riscaldamento degli edifici;
- Norme UNI 6514/69 - Emissione termica dei radiatori - Sistema di circolazione;
- Norme UNI 5649/1a/71 e 5649/2a/73 - Rame: qualità, prescrizioni e prove;
- Norme di sicurezza per la costruzione di impianti elettrici Legge 1/3/1968, n. 186;
- D.P.R. 21/6/1968 n. 1062;
- Norme C.E.I. - UNEL come da ultimi aggiornamenti (o comunque norme IEC, VDE, UTE); in particolare, a titolo esemplificativo ma non limitativo:
- C.E.I. 11/1 "Norme generali per gli impianti elettrici;
- C.E.I. 11/8 "Norme per gli impianti di messa a terra";
- C.E.I. 6/6 "Norme generali per gli impianti elettrici utilizzatori";
- C.E.I. 64.8 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua";
- Legge n. 46 del 5/3/1990 - Norme per la sicurezza degli impianti;
- D.P.R. n. 447 del 6/12/1991 - Regolamento d'attuazione della legge n. 46 del 5/3/1990;
- D.P.R. 27/4/1955 n. 547 "Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro";
- UNI. - C.T.I. 1307/1309 "Processi di saldatura, giunti saldati, forme delle saldature";
- UNI. - C.T.I. 5634-65P "Colori distintivi delle tubazioni convoglianti fluidi liquidi o gassosi";
- UNI. - C.T.I. 6871/71P "Pompe";

- UNI. - C.T.I. 6899-71 "Alloggiamenti per tenute meccaniche per pompe intercambiabili con guarnizioni a treccia";
- UNI. - C.T.I. 7125-72 "Saracinesche flangiate per condotte d'acqua";
- UNI. - UNSIDER 6363-84 "Tubi in acciaio senza saldatura e saldati per condotte di acqua";
- UNI. - UNSIDER 663-68 "Tubi senza saldatura di acciaio non legato tubi lisci per usi generici";
- UNI - UNSIDER 8863-87 "Tubi senza saldatura e saldati, di acciaio non legato, filettati secondo UNI-ISO 7/1";
- ASSISTAL "Norme idrico-sanitarie";
- UNI. 9182 "Impianti di alimentazione e distribuzione dell'acqua";
- UNI. 9183 "Sistemi di scarico delle acque usate";
- UNI. 9184 "Sistemi di scarico delle acque meteoriche";
- UNI. 8199 "Misura in opera e valutazione del rumore prodotto negli ambienti dagli impianti di riscaldamento, condizionamento e ventilazione";
- I.I.P. (Istituto Italiano dei Plastici) "Raccomandazioni di installazione":
- Installazione delle fognature di P.V.C. - Novembre 1984 (III ediz.) Raccomandazioni per il calcolo e l'installazione di condotte di P.V.C. rigido nella costruzione di fognature e di scarichi interrati;
- Installazione di acquedotti di P.V.C. - Settembre 1977 (II ediz.) Raccomandazioni sull'installazione delle tubazioni di policloruro di vinile rigido (non plastificato) nella costruzione di acquedotti;
- Installazione di scarichi in P.V.C. nei fabbricati - Gennaio 1978 (II ediz.) Raccomandazioni sull'installazione delle tubazioni di P.V.C. rigido (non plastificato) nelle condotte di scarico nei fabbricati;
- Impianti di irrigazione realizzati con tubazioni di materia plastica - Dicembre 1976 Raccomandazioni sull'installazione delle tubazioni di materia plastica nella costruzione di impianti di irrigazione;
- Installazione di acquedotti di P.E.a.d. - Giugno 1981 Raccomandazioni sull'installazione delle tubazioni di polietilene alta densità (P.E.a.d.) nella costruzione di acquedotti;
- Installazione delle fognature di P.E.a.d. - Ottobre 1978 Raccomandazioni sull'installazione delle tubazioni di polietilene alta densità (P.E.a.d.) nella costruzione di fognature interrate e subacquee e di scarichi industriali;
- Norme locali e richieste particolari da parte degli Enti preposti (VV.F. - Ufficio di Igiene - Ispettorato del Lavoro, ecc.);
- Altre normative UNI vigenti e non citate;
- Legge 10/5/1976 n. 319 integrata e modificata dalla Legge 24/12/1979 n. 650: "Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento";
- Delibera 4/2/1977 del Comitato Interministeriale per la tutela delle acque dall'inquinamento: criteri, metodologie e norme tecniche di cui all'art. 2 lettere b-d-e della Legge 10.5.1976 n. 319 recante norme per la tutela delle acque dall'inquinamento;
- Racc. ISO/R 531 "Tuyaux et raccords salubres en fonte pour canalisation d'eaux uses et de ventilation";
- Norme DIN 4040/4041 per separatori di oli e grassi;
- Tutte le altre norme non espressamente elencate ma da applicare per rendere gli impianti perfettamente funzionanti, come da ultimi aggiornamenti, varianti, supplementi;
- Tutte le modifiche ed integrazioni emanate ed emanande delle Leggi, Regolamenti, Decreti e Circolari sopra richiamati.

2. IL PROGETTO

2.1. TRACCIATO

Il tracciato della Tangenziale Est Esterna realizza il collegamento fra l'autostarda A4 ad Agrate Brianza a nord e l'autostrada A1 a Melegnano a sud.

La nuova infrastruttura si sviluppa per circa 33.0 km attraverso la pianura lombarda con giacitura prevalentemente Nord-Sud interessando principalmente il territorio della Provincia di Milano e solo marginalmente, praticamente lungo i confini provinciali, quello della Provincia di Lodi.

Il collegamento autostradale a pagamento taglia trasversalmente gli assi primari autostradali e la rete extraurbana secondaria di penetrazione da e per Milano: si individuano 3 svincoli di interconnessione (autostrada A4 Milano-Bergamo, nuova autostrada BRE.BE.MI., autostrada A1 Milano-Bologna) e 7 svincoli con la viabilità extraurbana secondaria (Pessano con Bornago, Gessate, Pozzuolo Martesana, Liscate, Paullo, Vizzolo Predabissi, Cerro al Lambro).

Tutta la tratta è prevista in regime di esazione chiuso, entrando a sistema con le autostrade alle quali si interconnette. In corrispondenza dei 7 svincoli sono previsti caselli di esazione completamente automatizzati.

Complessivamente l'intervento prevede tratti in rilevato per circa 23.6 Km, in trincea per circa 5.5 Km, in viadotto per circa 1.8 Km, in galleria artificiale per circa 2.1 Km.

L'infrastruttura è tutta progettata secondo la categoria A in ambito extraurbano del D.M. 5/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" con piattaforma a doppia direzione a tre corsie per senso di marcia.

Le caratteristiche geometriche del tracciato sono state studiate in modo da permettere sempre il mantenimento della velocità massima di progetto che per detta categoria di strada è pari a 140.0 km/h.

2.1.1. Andamento planimetrico e principali funzionalità del tracciato

Il tracciato della nuova autostrada verrà illustrato nel suo sviluppo da nord a sud, con riferimento al senso di percorrenza in direzione sud per la descrizione dell'orientamento delle curve.

Il caposaldo di inizio intervento della nuova Tangenziale Est Esterna di Milano risulta posizionato al limite nord del confine comunale di Caponago, a sud est dell'abitato di Agrate Brianza, in corrispondenza dell'asse dell'autostrada A4 immediatamente ad ovest dell'area di servizio "Brianza". Il collegamento con detta autostrada è realizzato mediante uno svincolo di interconnessione a livelli sfalsati orientato in modo da favorire le direzione da e per Bergamo.

Oltre lo svincolo il tracciato prosegue verso sud attraversando il territorio comunale di Caponago ai cui confini, e prevalentemente in territorio di Pessano con Bornago, si prevede la realizzazione dell'omonimo svincolo atto al collegamento con la variante della S.P. 13 di Caponago, opera di recente realizzazione da parte della Provincia di Milano.

Sempre in territorio di Pessano con Bornago l'autostrada si porta in rettifilo fino al confine comunale di Gessate, lasciandosi ad ovest l'abitato di Gorgonzola: successivamente l'asse stradale prevede due curve con senso di percorrenza opposto raccordate da un tratto in rettifilo di circa 400 metri: la prima curva in sinistra di raggio 2500 metri, la seconda in destra di raggio 2200 metri.

In questa tratta si prevede la realizzazione dello svincolo di Gessate con schema a trombetta, direttamente collegato alla S.S. n°11 "Padana Superiore" mediante una nuova viabilità che si svilupperà parallelamente all'asse della Tangenziale Est Esterna.

Nella descritta tratta, di estensione pari a circa 5 km, si effettuano gli attraversamenti del Canale Villoresi, della linea metropolitana MM2 Milano-Gessate e del Canale Martesana posto in affiancamento alla citata strada statale;

Lo svincolo di Gessate è da considerarsi particolarmente strategico per l'integrazione tra i diversi sistemi di trasporto: nel dettaglio si prevede la realizzazione di un parcheggio scambiatore tra la Tangenziale e la stazione

"Cascina Antonietta" della linea MM2 di Gorgonzola, connesso allo svincolo mediante una rotatoria a tre rami posizionata a valle del piazzale di esazione.

Nella parte terminale della tratta, la Tangenziale attraversa il territorio comunale di Bellinzago Lombardo, disponendosi nettamente lungo la direttrice sud, attraversando, in posizione sostanzialmente intermedia rispetto ai relativi centri abitati, i Comuni di Melzo, Pozzuolo Martesana e Truccazzano, per poi portarsi al confine con la provincia di Lodi posto tra i territori di Truccazzano e Comazzo.

Lungo tale tratta, di estensione pari a circa 6.5 km, si realizzano i seguenti tre svincoli:
- svincolo di Pozzuolo Martesana: posto a nord di Melzo, atto alla connessione con la S.P. 103 Cassanese, per la quale nell'ambito del progetto ne è stato studiato il potenziamento a strada di tipo B, extraurbana principale, a carreggiate separate con due corsie per senso di marcia, in congruenza con quanto previsto nel progetto della nuova Autostrada direttissima Milano-Brescia per la successiva tratta da Melzo fino a Milano.
- svincolo di interconnessione con il nuovo collegamento autostradale diretto Milano-Brescia (opera inserita nel progetto BreBeMi) posto ad est di Melzo, immediatamente a sud della linea Ferroviaria Mi-Ve.
- svincolo di Liscate (opera inserita nel progetto BreBeMi) posto a sud di Trucazzano.

In provincia di Lodi l'autostrada prosegue, per un estensione di circa 4.0 km, nei territori di Comazzo e Merlino, piegando leggermente verso sud-ovest e mantenendosi sempre molto prossima al confine provinciale. In tale tratta sono previsti gli attraversamenti del Torrente Molgora ed il primo dei due attraversamenti previsti del Canale Muzza.

Rientrato in Provincia di Milano, il tracciato attraversa il territorio comunale di Paullo. Nel merito, l'asse piega in direzione sud-ovest con una curva destrorsa di raggio 1900, lasciandosi a sinistra le aree urbanizzate: in questa tratta l'asse interseca la S.S. 415 Paullese, a nord della quale è prevista la realizzazione dello svincolo di Paullo e dell'unica area di servizio della nuova autostrada, per la quale è stata studiata una particolare organizzazione degli spazi e delle strutture.

L'assetto dello svincolo è pensato in modo da permettere oltre alla connessione diretta tra i due assi viabilistici primari anche quella con la viabilità locale; detto assetto è da considerarsi strategico stante la previsione di realizzazione del prolungamento della linea metropolitana MM3 Milano-S.Donato e relativo nodo di interscambio.

Riprendendo la descrizione del tracciato, l'autostrada abbandona il territorio comunale di Paullo dopo un tratto rettilineo di circa 1500 metri, attraversando nella successiva tratta i Comuni di Tribiano e Dresano in Provincia di Milano, e marginalmente i Comuni della Provincia di Lodi di Mulazzano e di Casalmaiocco in località Villaggio Ambrosiano.

Planimetricamente l'asse presenta un flesso planimetrico composto da una curva sinistrorsa di raggio 2300 metri seguita, dopo un brevissimo rettilineo di raccordo, da una curva in destra di raggio 2200 metri. il successivo tratto rettilineo di 1549 metri adduce ad una curva in destra di raggio 2400 metri, che porta il tracciato ad attraversare il territorio comunale di Vizzolo Predabissi.

In questa tratta di circa 6.7 km, è previsto lo svincolo di Vizzolo Predabissi, il quale si collega alla viabilità minore mediante un articolato sistema di rotatorie incernierato a sud sulla S.S. n°9 "Via Emilia" ed a nord sulla S.P. 159.

La tratta terminale del progetto interessa unicamente il comune di Cerro al Lambro e presenta un'estensione limitata a soli 3.300 m: l'asse presenta due curve successive, la prima in sinistra di raggio 1500, la seconda in sinistra di raggio 2000 metri, che portano il tracciato ad orientarsi con giacitura est-ovest.

Nel suo sviluppo si realizza l'attraversamento della linea ferroviaria Milano-Bologna proprio nel punto di raccordo tra il binario storico e quello di quadruplicamento da cui avrà inizio la nuova linea "alta capacità" sempre di collegamento a Bologna; successivamente, in stretta sequenza, si lambisce il confine nord della discarica di rifiuti organici di Vizzolo Predabissi, si attraversa il corso del fiume Lambro e relative fasce fluviali, si supera il sedime della S.P. 17, e si realizza l'interconnessione con l'autostrada A1, con svincolo completo atto a garantire tutte le direzioni di traffico.

Il progetto giunge al suo caposaldo di fine intervento alla prog. Km 33+133, in corrispondenza della quale verrà realizzata la barriera terminale di esazione di Cerra al Lambro.

2.1.2. Andamento altimetrico

L'andamento orografico del terreno, con la mancanza di significative discontinuità morfologiche, fa sì che l'andamento altimetrico risulti determinato principalmente dal superamento delle infrastrutture intersecate, dai

corsi d'acqua naturali e artificiali, da aree di estremo valore paesistico da preservare, oltre che, come già anticipato, dalla presenza della prima falda freatica spesso ad un livello molto prossimo al piano campagna.

Conseguentemente l'autostrada si sviluppa prevalentemente in basso rilevato o in semi-trincea (± 2÷3 m), discostandosi in modo più netto dalla quote naturali solamente dove strettamente necessario o ritenuto indispensabile ai fini del corretto inserimento dell'infrastruttura nel territorio attraversato.

Percorrendo il tracciato da Nord (interconnessione A4) verso sud (interconnessione con A1) per i primi 6 km

la nuova Tangenziale si mantiene in trincea con profondità variabile tra i -6 e -10 metri dal piano campagna, con pendenze longitudinali comprese tra lo 0.3 ed l' 1.00%.

Lungo questa tratta vengono risolte in sottovia le interferenze con:
- il canale Villoresi, mediante una galleria di lunghezza 100 metri
- la linea metropolitana MM2, mediante la galleria Gessate 2, di lunghezza 550 metri, funzionale anche alla realizzazione del collegamento con l'area di interscambio modale ferro-gomma di Gorgonzola
- la S.S. 11 Padana e il Canale Martesana, attraverso un unico opera in galleria di lunghezza 200 m.

Oltre a questi tre tratti in galleria, nella tratta in oggetto sono previste ulteriori due gallerie artificiali necessarie per dare continuità ai collegamenti locali lungo la direttrice est-ovest, ed in particolare:
- la galleria di Cambiago (L=300 metri);
- la galleria Gessate 1 (L=130 metri), che in questo caso oltre ad avere una funzione viabilistica, rappresenta anche un elemento di mitigazione ambientale vista la vicinanza ad aree edificate.

Il tracciato prosegue con un tratto di circa 2 km in leggero rilevato con pendenza del -0.5%, per poi alzarsi a superare la linea ferroviaria e futura AC Milano-Venezia.

La tratta interessata dallo scavalco della linea ferroviaria presenta una lunghezza di circa 2.2 km, con quota massima raggiunta in corrispondenza dell'asse dei binari pari a 128.10 metri s.l.m., +10.39 dal piano campagna; le livellette hanno una pendenza dello 0.5% per il tratto in salita e del -2.47% per il tratto successivo in discesa, con interposizioni di un raccordo convesso realizzato mediante un arco di cerchio di raggio 25000 metri.

Successivamente, trovandoci immediatamente a est dell'abitato di Melzo, ci si riporta in leggero rilevato con altezza media di 2 metri. Con detta conformazione altimetrica si procede per un'estensione di circa 2.0 km fino a sottopassare la S.P. 14 Rivoltana riprofilata altimetricamente in territorio di Truccazzano. Successivamente ci si porta nuovamente in rilevato sovrapassando la S.P. 39.

Entrambi questi ultimi attraversamenti sono pensati con una modifica altimetrica dei tracciati interferenti in modo da limitare la differenza di quota da sviluppare lungo il tracciato principale.

Segue un tratto in rilevato di circa 6.0 km ove si realizzano vari attraversamenti idraulici tra i quali i più importanti sono sicuramente l'attraversamento del torrente Molgora e quello del canale Muzza, in corrispondenza del quale si sviluppa l'altezza massima del tracciato pari a circa 8.0 m.

La livelletta di progetto presenta in questa tratta pendenza massima pari al 1.45%

In prossimità del termine di detta tratta, in corrispondenza del territorio comunale di Paullo, il tracciato si porta in trincea sottopassando la S.S. 415 Paullese pensata potenziata in rilevato: la profondità media del tracciato risulta essere pari a 1.50 metri, quota che consente di risolvere agevolmente le interferenze incontrate con la viabilità locale, con riprofilatura altimetrica delle stesse.

Anche in questo caso trovandosi in prossimità dell'abitato di Paullo, la scelta di porre il piano viabile al di sotto del piano campagna è dettata dalla volontà di mitigare al meglio la nuova infrastruttura.

La presenza di ben sette interferenze con il reticolo idrografico tra rogge e canali , tra cui nuovamente la Muzza, obbliga ad abbandonare la sistemazione in trincea per riportarsi con sistemazione in rilevato nella successiva tratta, con quote di progetto che si mantengono prossime ai 3 metri di altezza: la pendenza dell'asse si mantiene attorno allo 0.2%, eccetto che per la tratta in cui si realizza il secondo scavalco del Canale della Muzza, per il quale sono state adottate pendenze fino al 1.2%.

Al riguardo si consideri che lungo il canale sono presenti percorsi d'argine di interesse paesaggistico di cui si rende necessario mantenere la continuità.

Lasciando il canale della Muzza, Il tracciato prosegue sempre in rilevato per un'estesa pari a circa 4.7 km intersecando numerosi ulteriori canali oltre che viabilità di carattere locale.

In prossimità dell'insediamento residenziale denominato "Villaggio ambrosiano" interessante i Comuni di Dresano e Casalmaiocco si rende indispensabile realizzare un tratto di galleria artificiale di circa 800 m, nonostante l'area presenti un livello di falda molto prossimo al piano campagna (inferiore a 4 m dal p.c.); conseguentemente il tracciato si porta in trincea profonda per un'estensione totale pari a 1.2 km, valore strettamente indispensabile alla realizzazione del citato manufatto; contestualmente si realizza il sottopasso a due viabilità provinciali.

L'andamento altimetrico del tracciato si caratterizza per una pendenza longitudinali delle rampe in approccio alla galleria di Dresano del 2.5%, con raccordi verticali di raggio 10.000, valore minimo per l'intera autostrada. Successivamente la tangenziale si riporta con sistemazione in rilevato, soluzione che si mantiene per i successivi 2.3 km che, dopo aver sottopassato la S.S. 9 Emilia e il relativo svincolo, ci adducono all'unico vero tratto in viadotto di tutto l'intervento in corrispondenza del fiume Lambro (L=1368,80 direzione nord, L=1379,80 direzione sud).

La livelletta di approccio presenta pendenza longitudinale pari a circa il 2.4% per sviluppare una differenza di quota di circa 10 m necessaria al superamento della linea ferroviaria Milano-Venezia e relativa linea AC. Una volta in quota si prosegue in viadotto con livelletta al 0.47% superando il fiume Lambro e terminando con lo scavalco del sedime dell'autostrada A1.

Nella tratta successiva la tangenziale perde progressivamente quota fino a portarsi ad un'altezza media di rilevato di 2 metri, sistemazione con la quale il tracciato si mantiene sino a fine intervento.

2.2. SEZIONE AUTOSTRADALE

L'infrastruttura è tutta progettata secondo la categoria A in ambito extraurbano del D.M. 5/11/2001 "*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade*" con piattaforma a doppia direzione a tre corsie per senso di marcia. Le caratteristiche geometriche del tracciato sono state studiate in modo da permettere sempre il mantenimento della velocità massima di progetto che per detta categoria di strada è pari a 140.0 km/h.

Come detto la sezione tipo è a tre corsie per senso di marcia lungo tutto il tracciato autostradale. Per la piattaforma l'organizzazione delle carreggiate risulta la seguente: 3 corsie da 3.75 m ciascuna, per sorpasso, marcia normale e marcia lenta, margine laterale con corsia di emergenza da 3.00 m ed arginello da 1.25 m munito di dispositivo di ritenuta tipo guard-rail laterale in rilevato, ed in corrispondenza di eventuali punti ritenuti ad alto rischio; margine interno corrente minimo da 6.50 m composto da due banchine pavimentate da 0.70 e spartitraffico da 5.10 m, attrezzato da barriere metalliche rispondenti ai requisiti di legge. Ne risulta una piattaforma a tre corsie di larghezza minima pari a 36.40 m. Al fine di garantire la continua osservanza delle verifiche di visibilità, laddove necessario, sono previsti idonei allargamenti delle carreggiate stradali.

La piattaforma pavimentata come descritta è mantenuta inalterata per tutte le varie tipologie della sede stradale: rilevato, trincea, viadotto e galleria artificiale.

In caso di corsie di accelerazione e decelerazione sempre in destra alla singola carreggiata è prevista l'aggiunta di una o due corsie da 3.75 m con eliminazione della corsia di emergenza e realizzazione di una banchina pavimentata da 1.75.

In presenza di piazzola di sosta si prevede l'allargamento della piattaforma di ulteriori 5.00 m oltre la corsia di emergenza. Planimetricamente le piazzole sono previste con una distanza massima di 1000 m per senso di marcia e presentano uno sviluppo pari a 70 m di cui 30 m a larghezza costante e 20+20 m a larghezza variabile di raccordo alla piattaforma tipo.

Le scarpate sia in rilevato che in trincea sono previste con pendenza al 2/3 ed inerbite superficialmente. La protezione del piede del rilevato o del testa scarpa in trincea viene garantita con fossi di guardia in terra o rivestiti in cls. La sezione trasversale in trincea prevede inoltre il collettamento delle acque meteoriche di piattaforma tramite due ampi fossi in terra posti in affiancamento alla piattaforma autostradale.

Le fasce di pertinenza dell'autostrada sono delimitate verso l'esterno da una rete di recinzione per tutto lo sviluppo dell'opera; nell'ambito di tali fasce sono altresì allocate le eventuali opere di mitigazione (dune in terra e fasce di vegetazione) per la minimizzazione degli impatti conseguenti all'intrusione visiva ed all'inquinamento acustico ed atmosferico.

Le sezioni tipo che caratterizzano i rami di svincolo tra il piazzale di esazione e l'autostrada sono le seguenti:

- *rampa monosenso a una corsia*: La piattaforma pavimentata risulta avere una larghezza pari a 6.50 m costituita da banchina in sinistra pari a 1.00 m, corsia di 4.00 m e banchina in destra pari a 1.50 m. Nei tratti in rilevato la piattaforma pavimentata è completata da arginelli in terra di larghezza pari a 1.25 m su cui trova alloggiamento la barriera di sicurezza laterale di tipo metallico. Nei tratti in trincea con scarpata a pendenza naturale, a seguito della presenza dei pali di illuminazione da proteggere, è sempre presente la barriera di sicurezza metallica prevista infissa in un arginello bitumato di larghezza pari a 0.70 m. Oltre detto arginello viene posizionata una cunetta in cls di larghezza pari a 0.90 m atta alla raccolta e al convogliamento delle acque meteoriche di piattaforma; la stessa risulta affiancata da una zona di riposo di larghezza pari a 0.50 m.
- *rampa monosenso a due corsie:* La piattaforma pavimentata risulta avere una larghezza pari a 11.20 m costituita da banchina in sinistra pari a 0.70 m, da due corsie di marcia di 3.75 m ciascuna e da una corsia di emergenza di larghezza pari a 3.00 m. Per quanto riguarda gli elementi marginali su sede naturale si sono adottati gli stessi criteri e geometrie esposti per la sezione della rampa monosenso
- *rampa bisenso:* la piattaforma pavimentata risulta avere una larghezza pari a 10.50 m costituita da due corsie da 3.75 m ciascuna affiancata da una banchina da 1.50 m. Per quanto riguarda gli elementi marginali su sede naturale si sono adottati gli stessi criteri e geometrie esposti per la sezione della rampa monosenso. In corrispondenza del cavalcavia di svincolo è mantenuta la sezione trasversale corrente, con l'inserimento di due cordoli laterali di larghezza pari a 0.70 m e di altezza pari a 3.00 cm dal ciglio bitumato, su cui trovano alloggiamento sia la barriera metallica che la rete di protezione.

Il sistema di drenaggio della nuova infrastruttura viabilistica risulta composto da:

- un articolato sistema di tubazioni, canalette e fossi di guardia che garantiscono la sicurezza dell'esercizio autostradale in concomitanza di eventi pluviometrici intensi caratterizzati da un elevato valore del tempo di ritorno;
- bacini di laminazione delle portate (realizzati mediante vasche interrate o ponding area) che garantiscono l'invio al recapito finale di una portata massima pari a 20 l/s_{haimp};
- presidi ambientali in grado di contenere e trattare sia le acque di prima pioggia che le sostanze provenienti da eventuali sversamenti accidentali.

2.3. PAVIMENTAZIONI

Per quanto attiene alla sovrastruttura autostradale, come risulta dal specifico elaborato sulle pavimentazioni a cui si rimanda, in funzione delle diverse tipologie di progetto, sono state distinte due diverse situazioni progettuali:

- pavimentazione autostradale
- rampe di svincolo;

Ciò premesso di seguito si fornisce la composizione prevista per i vari pacchetti.

Sul tracciato principale, per i tratti in sede naturale ed in galleria artificiale non in falda, la pavimentazione ha uno spessore globale pari a 65 cm. ed è così composta:

- sottofondazione in misto granulare stabilizzato sp. 20 cm
- fondazione in misto cementato sp. 20 cm
- strato di base in conglomerato bituminoso sp. 15 cm
- binder di collegamento sp. 6 cm
- usura drenante fonoassorbente con bitume modificato sp. 4 cm

Sulle opere d'arte e in galleria artificiale in falda la pavimentazione ha uno spessore pari a 11 cm, così suddiviso:

- binder di collegamento sp. 6 cm
- usura drenante fonoassorbente con bitume modificato sp. 5 cm

Sui rami di svincolo, per i tratti in sede naturale ed in galleria artificiale non in falda, la pavimentazione ha uno spessore globale pari a 50 cm. ed è così composta:

- sottofondazione in misto granulare stabilizzato sp. 15 cm
- strato di base in conglomerato bituminoso sp. 22 cm
- binder di collegamento sp. 7 cm
- usura drenante fonoassorbente con bitume modificato sp. 6 cm

Sulle opere d'arte e in galleria artificiale in falda la pavimentazione ha uno spessore pari a 13 cm, così suddiviso:

- binder di collegamento sp. 7 cm
- usura drenante fonoassorbente con bitume modificato sp. 6 cm

Nel caso dei tratti in sede naturale, la sovrastruttura poggerà direttamente sul fondo del cassonetto, adeguatamente compattato. Per le opere d'arte il pacchetto strutturale si limiterà ai soli strati superficiali (usura e binder), al di sotto dei quali verranno stese guaine bituminose preformate, armate con geotessile non tessuto in poliestere (spessore 1 cm, circa), a garanzia dell'impermeabilizzazione della struttura sottostante.

2.4. BARRIERE DI SICUREZZA

Lungo il tracciato autostradale è prevista la posa di barriere di sicurezza di nuova fornitura individuate sulla base di quanto indicato nelle norme vigenti in materia ed in particolare nel D.M. 18 febbraio 1992 n°223 Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza" e nei successivi Decreti del 3 giugno 1998, del 11 giugno 1999 del 21 giugno 2004 (che recepisce ed uniforma la normativa di riferimento italiana agli indirizzi richiamati dalla normativa Europea).

In particolare la scelta del tipo di barriere di sicurezza da adottare, la loro ubicazione, e le opere complementari connesse nell'ambito della sicurezza stradale, si è fatto riferimento alle istruzioni tecniche (ed in particolare all'art.6) allegate al citato D.M. 21/06/2004 che prescrivono le classi minime di barriera da installare in relazione al tipo di strada, all'entità ed alla composizione del traffico

In particolare, risultando, sulla base dei dati di traffico a disposizione, per il tratto autostradale in progetto un traffico caratterizzato da un TGM superiore a 1000 unità con presenza di veicoli aventi massa superiore ai 3 000 kg maggiore del 15% del traffico totale, le barriere di sicurezza sono state progettate considerando una condizione di **traffico di tipo III.**

Conseguentemente per il tracciato autostradale sono state previste nelle varie situazioni le seguenti barriere:

- bordo laterale = H2-H3-H4;
- spartitraffico = H3-H4;
- bordo ponte = H4.

Oltre a queste tipologie, il progetto prevede i terminali di inizio e fine barriera, cuspidi e raccordi (di qualunque raggio e tipo), gli elementi di transizione tra le differenti tipologie di barriera, le reti di protezione ove previste (cavalcavia e sottovia), ed eventuali attenuatori d'urto.

Inoltre, il progetto del posizionamento degli elementi di ritenuta tiene anche conto delle caratteristiche geometriche della sede stradale e della compatibilità dei dispositivi con gli spazi disponibili, le opere di mitigazione ambientale e gli altri vincoli esistenti.

Nello specifico saranno previste, per le varie situazioni riscontrate, le seguenti barriere:

Tracciato Principale - Barriere di sicurezza in spartitraffico

In sede naturale: il progetto prevede la messa in opera di barriere metalliche tripla-onda di classe H3 o H4 a secondo del livello di protezione da garantire. Le barriere saranno poste all'interno dello spartitraffico ad una distanza reciproca di 4.50 m. Fanno accezione i tratti in prossimità degli imbocchi delle gallerie artificiali dove i due filari progressivamente si avvicinano fino a raccordarsi con i profili ridirettivi posti a ridosso del setto centrale della galleria.

Su opera d'arte: su tutte le opere d'arte il progetto prevede l'installazione di barriere tripla-onda di classe H4. Le barriere in progetto saranno vincolate al cordolo laterale di larghezza pari a 0.70 m mediante tirafondi. Dette barriere saranno prolungate prima e dopo l'opera d'arte per una lunghezza di 20.00 m in modo da ottenere un passaggio graduale alla barriera di classe inferiore.

Lungo tali tratti la barriera metallica descritta dovrà essere vincolata mediante tirafondi ad un cordolo in c.a. fondato sul rilevato il cui estradosso sarà posto alla medesima quota della pavimentazione finita.

In galleria: lungo il piedritto centrale della galleria artificiale il progetto prevede la posa di una barriera rigida a profilo tipo New-Jersey con sola funzione redirettiva.

Tracciato Principale - Barriere di sicurezza bordo laterale

In rilevato: il progetto prevede la messa in opera di barriere metalliche tripla-onda di classe H2, H3 e H4 a secondo del livello di protezione da garantire.

Le barriere di classe H2 sono previste per altezze di rilevato inferiori a 3.50 m.

Per altezze di rilevato superiori a 3.50 m saranno installate barriere metalliche di classe H3. Dette barriere saranno, inoltre, poste in opera in corrispondenza dei tratti interessati da barriere acustiche bidimensionali.

Le barriere di classe H4 sono previste in corrispondenza dei punti ritenuti particolarmente pericolosi (pile di cavalcavia e sostegni di segnaletica non cedevoli).

Nei casi in cui il ciglio è delimitato da duna fonoassorbente in terra la sezione è assimilata ad una in trincea per cui non si prevede nessuna barriera.

In trincea: in considerazione della pendenza (1/3) e dell'altezza della scarpa del fosso di guardia che fiancheggia la carreggiata, il progetto non prevede alcun dispositivo di sicurezza. Fanno eccezione i tratti ritenuti particolarmente pericolosi (pile di cavalcavia e sostegni di segnaletica non cedevoli) dove sono previste barriere metalliche di classe H4 e i tratti con corsie di accelerazione e decelerazione dove saranno installate barriere di classe H2.

Su opera d'arte: su tutte le opere d'arte il progetto prevede l'installazione di barriere tripla-onda di classe H4. Le barriere in progetto saranno vincolate al cordolo laterale di larghezza pari a 0.70 m mediante tirafondi. Dette barriere saranno prolungate prima e dopo l'opera d'arte per una lunghezza di 20.00 m in modo da ottenere un passaggio graduale alla barriera di classe inferiore.

Lungo tali tratti la barriera metallica descritta dovrà essere vincolata mediante tirafondi ad un cordolo in c.a. fondato sul rilevato il cui estradosso sarà posto alla medesima quota della pavimentazione finita.

In galleria: Per il bordo laterale il progetto prevede prevede la posa di una barriera rigida a profilo tipo New-Jersey con sola funzione re direttiva.

Rami di svincolo - Barriere di sicurezza bordo laterale

In rilevato e in trincea: il progetto prevede la messa in opera di barriere metalliche tripla-onda di classe H2.

Su opera d'arte: su tutte le opere d'arte il progetto prevede l'installazione di barriere tripla-onda di classe H3. Le barriere in progetto saranno vincolate al cordolo laterale di larghezza pari a 0.70 m mediante tirafondi. Dette barriere saranno prolungate prima e dopo l'opera d'arte per una lunghezza di 20.00 m in modo da ottenere un passaggio graduale alla barriera di classe inferiore.

Lungo tali tratti la barriera metallica descritta dovrà essere vincolata mediante tirafondi ad un cordolo in c.a. fondato sul rilevato il cui estradosso sarà posto alla medesima quota della pavimentazione finita.

2.5. AREE DI SERVIZIO E CENTRI DI CONTROLLO E MANUTENZIONE

Lungo il tracciato della Tangenziale sono previste due aree di servizio attrezzate posizionate in corrispondenza dello svincolo di Paullo, una per ciascuna direzione di marcia. Dette aree saranno organizzate secondo le più moderne concezioni europee tendenti a fornire servizi differenziati ai diversi tipi di utenza, funzionando sia come Truck-Stop, sia come ospitalità per utenza passeggeri. Per dette aree è prevista la pavimentazione delle

superfici destinate alla sosta ed al movimento dei veicoli, la realizzazione del sistema di drenaggio, degli impianti di illuminazione e videosorveglianza e la sistemazione di tutte le superfici a verde.

Unitamente alle aree di sosta attrezzate è prevista un'area di parcheggio in località Rossate, in territorio comunale di Comazzo che sarà specificamente sistemata a verde e dotata di spazi di sosta per autovetture e veicoli commerciali oltre che consueti servizi all'utenza.

Inoltre, In corrispondenza dello svincolo di Pozzuolo Martesana è prevista l'ubicazione della caserma della Polizia Stradale che garantirà il controllo della nuova tratta autostradale, nonché la realizzazione della Centrale operativa di controllo, alla quale spetterà il compito si sovraintendere alla gestione in sicurezza dell'infrastruttura. Centri di manutenzione e Posti neve opportunamente attrezzati sono previsti presso gli svincoli di Pessano con Bornago e Vizzolo Predabissi in ampliamento ai piazzali di esazione pedaggio.

2.6. SPECIFICAZIONE DELLE OPERE D'ARTE PRINCIPALI

In considerazione del carattere e della morfologia dell'ambiente in cui va a collocarsi l'infrastruttura, per il progetto dei manufatti di scavalco, sottopasso e per le gallerie in sede artificiale, sono stati presi in considerazione i seguenti aspetti in grado di fornire valore aggiunto in termini tecnico-estetici:

- ***Valorizzazione architettonica delle opere.***
- ***Unificazione delle tipologie strutturali ripetitive (cavalcavia).***
- ***Semplicità costruttiva e realizzativa.***
- ***Possibilità di replicare i manufatti in caso di ampliamenti, nuovi svincoli ecc. con minime soggezioni di traffico.***
- ***Minimizzazione degli elementi tecnologici soggetti a manutenzione.***
- ***Utilizzo di tecniche di impermeabilizzazione e protezione dei materiali strutturali all'avanguardia.***

Quanto sopra trova risposta nelle soluzioni progettuali adottate per le opere d'arte di maggior rilevanza, e cioè ponti e viadotti e gallerie, le cui caratteristiche salienti vengono di seguito brevemente evidenziate.

2.6.1. Galleria artificiale

I tratti in galleria artificiale sono in generale a due canne, fatta eccezione per le interconnessioni, in cui si propongono soluzioni a singola canna e per un unico caso, relativo alla '*Galleria Gessate 2*' per la quale, in presenza della complanare verso l'imbocco sud, si introduce una terza canna di larghezza ridotta.

Tali tratti vengono realizzati tramite la costruzione di due piedritti laterali di spessore pari a 1.50 m ed un piedritto centrale in spartitraffico di spessore variabile tra 1.20 m e 1.60 m.: tale rastremazione, con allargamento verso la base della sezione, è necessaria per l'ubicazione delle barriere New Jersey e per il mantenimento del profilo redirettivo. La finitura dei piedritti è realizzata tramite l'impiego di una matrice in gomma nel cassero a realizzare una superficie corrugata a linee verticali.

La struttura principale dell'impalcato è formata da travi in c.a.p. cave a sezione tipo 'pi greco rovescio' precompresse in stabilimento con fili aderenti. Tali elementi, largamente diffusi nell'ambito della prefabbricazione, consentono di realizzare in tempi rapidi impalcati sufficientemente leggeri e ad intradosso continuo. Lo spessore di dette travi è pari a 160 cm. (80 cm per gli impalcati con luce ridotta). Il completamento dell'impalcato viene realizzato gettando in opera una soletta in c.a. di spessore pari a 30 cm, per uno spessore strutturale complessivo pari a 1.90 m (110 cm per le gallerie con luce inferiore): tale getto consente la solidarizzazione con un vincolo a cerniera dell'orizzontamento con le pareti verticali. Allo scopo sono previsti inoltre accorgimenti costruttivi relativi alla disposizione dei ferri di armatura e formazione di 'recessi' da intasare con materiali plastici.

La luce libera di ciascuna canna della galleria ha dimensione caratteristica pari a 17.35 m (19.85 m per la sola galleria 'Martesana'), corrispondenti alla presenza di tre corsie più emergenza. Il prospetto dell'opera presenta una mensola in aggetto sia frontale che laterale, con profilo inclinato verso l'alto, mentre i muri d'ala, arretrati rispetto al fronte della galleria stessa sono costituiti da pannelli prefabbricati, abbattutti in altezza con angolo di inclinazione pari circa a 20 gradi.

Nelle zone in cui la quota della falda è tale da interferire con la realizzazione della galleria artificiale è prevista la sostituzione dei piedritti con paratie in diaframmi di spessore pari a 100 cm. Il sistema di impermeabilizzazione prevede la formazione di un tampone di fondo in jet grouting, di un manto impermeabilizzante in PEAD e di un solettone in c.a. gettato in opera di spessore pari ad un metro impostato su pali di grande diametro.

I tratti in galleria artificiale sono qui di seguito riepilogati

Gallerie artificiali su tracciato principale

Nome opera	Lunghezza	Luci nette canne	Tipo fondazione
Galleria artificiale Cambiago	300+300	17.35 + 17.35	piedritti su pali
Galleria artificiale Villoresi	100+100	17.35 + 17.35	piedritti su pali
Galleria artificiale Gessate 1	130+130	17.35 + 17.35	piedritti su pali
Galleria artificiale Gessate 2	550+500	*Nord*:17.35 + 17.35 *Sud*:17.35 + 17.35+ 11.50	piedritti su pali
Galleria artificiale Martesana	200+200	19.85+19.85	piedritti su pali
Galleria artificiale Dresano	800	17.35 + 17.35	su diaframmi (+ jet)

Gallerie artificiali su bretelle di svincolo

Nome opera	Lunghezza	Luce netta canna	Tipo fondazione
Galleria artificiale Rampa interconnessione A4 direzione Melegnano	100.00	12.70	solettone continuo
Galleria artificiale Rampa interconnessione A4 direzione Venezia	130.00	12.70	solettone continuo
Galleria artificiale rampa di interconnessione A1 direzione casello	160.00 + 90.00	7.70	su diaframmi (+ jet)

2.6.2. Cavalcavia, ponti e sottovia

I cavalcavia ed i ponti di luce considerevole vengono realizzati in struttura mista acciaio calcestruzzo su tre luci. In generale la campata centrale ha luce pari a 50m, mentre per le campate di scarico è prevista una luce di 20 m circa.

La travata metallica è composta da due travi scatolari correnti su tutte e tre le luci con anime inclinate verso l'esterno, mentre in corrispondenza delle pile un terzo cassone centrale realizza una sezione che si rastrema a cavallo degli appoggi per 10 m per parte. La sezione trasversale di tali cavalcavia è variabile in relazione alla propria funzione (svincolo, presenza della pista ciclabile, viabilità principali ecc.)

Il getto della soletta in c.a., di spessore minimo pari a 30 cm, è previsto su coppelle autoportanti.

Le sottostrutture sono costituite da getti in opera in c.a. e le fondazioni previste sono di tipo profondo.

Le pile presentano un fusto a sezione variabile rastremata in pianta verso le estremità, ed hanno larghezza trasversale limitata all'interasse degli appoggi del cassone centrale. Il corpo centrale della pila presenta una finitura realizzata mediante l'impiego di matrice in gomma da predisporre nel cassero al fine di produrre un effetto di '*cemento spuntato grosso*'.

Gli apparecchi d'appoggio sulle spalla sono ubicati in corrispondenza ai cassoni laterali e la dimensione trasversale del corpo in elevazione della spalla stessa è limitata all'ingombro massimo degli apparecchi d'appoggio, richiamando in sezione il disegno dell'elevazione delle pile.

Le opere di attraversamento relative al tracciato in esame sono elencate nel seguente prospetto riassuntivo, raggrupate raggruppate in base alla tipologia stradale.

Tipo	Nome opera	Largh. Trasv.
Strada tipo B	Cavalcavia Variante S.P. 103	2 x (0.70+9.75+0.70)
Strada tipo B	Cavalcavia S.S. 415 Paullese	2 x (0.70+9.75+0.70)
Strada tipo C	Cavalcavia S.P. 14 'Rivoltana'	2 x (0.70+10.50+0.70)
Strada tipo C	Cavalcavia S.S. 9 'Via Emilia'	2 x (0.70+10.50+0.70)
Strada tipo F	Cavalcavia S.C. Comune di Bellinzago Lombardo	0.70+9.00+1.30+2.50+0.70
Strada tipo F	Cavalcavia S.C. Comune di Melzo 1	0.70+9.00+1.30+2.50+0.70
Strada tipo F	Cavalcavia S.C. Comune di Melzo 2	0.70+9.00+1.30+2.50+0.70
Strada tipo F	Cavalcavia S.C. Comazzo	0.70+9.00+1.30+2.50+0.70
Strada tipo F	Cavalcavia S.P. 156	0.70+9.00+1.30+2.50+0.70
Strada tipo F	Cavalcavia S.C. Comune di Paullo	0.70+9.00+1.30+2.50+0.70
Strada tipo F	Cavalcavia S.P. 158	0.70+9.00+1.30+2.50+0.70
Strada tipo F	Cavalcavia S.C. Comune di Tribiano	0.70+9.00+1.30+2.50+0.70
Strada tipo F	Cavalcavia S.P. 219	0.70+9.00+1.30+2.50+0.70
Strada tipo F	Cavalcavia Cascina Belpensiero	0.70+9.00+1.30+2.50+0.70
Svincolo – monosenso	Cavalcavia di Svincolo Comune di Caponago	0.70+6.50+0.70
Svincolo – bisenso	Cavalcavia Svincolo di Paullo	0.70+10.50+0.70
Svincolo – bisenso	Cavalcavia Svincolo di Pessano con Bornago	0.70+10.50+0.70
Svincolo – bisenso	Cavalcavia Svincolo di Gessate	0.70+10.50+0.70
Svincolo – bisenso	Cavalcavia Svincolo di Pozzuolo Martesana	0.70+10.50+0.70
Svincolo – bisenso	Cavalcavia Area di Servizio Paullo	0.70+10.50+0.70
Svincolo – bisenso	Cavalcavia Svincolo di Vizzolo Predabissi	0.70+10.50+0.70
Tangenziale Est Esterna	Viadotto Autostrada A4	(0.70+14.95+0.70)
Tangenziale Est Esterna	Ponte Ferroviario Milano Venezia	2 x (0.70+14.95+0.70)
Tangenziale Est Esterna	Ponte Canale Muzza 1	2 x (0.70+14.95+0.70)
Tangenziale Est Esterna	Ponte Canale Muzza 2	2 x (0.70+14.95+0.70)

Per attraversamenti di entità minore, quali i sottovia o gli attraversamenti di canali o fossi (ad esempio il ponte sul Torrente Molgora, il sottovia sulla S.P. 41 e sulla S.P. 39) è invece prevista la realizzazione di impalcati a luce singola di lunghezza compresa tra gli 8 ed i 25 m realizzati con travi in c.a.p. a pi greco rovescio (le stesse utilizzate per costituire le solette delle gallerie artificiali) prefabbricate in stabilimento a fili aderenti di altezza pari a 80 cm o 160 cm, completati con una soletta di 30 cm di spessore gettata in opera. L'elemento di chiusura laterale dell'impalcato viene realizzato con una coppella autoportante prefabbricata a profilo arrotondato.

I principali attraversamenti di minore entità relativi al tracciato in esame sono elencati nel seguente prospetto riassuntivo.

Tipo	Nome opera	Largh. Trasv.
	Ponte Torrente Molgora L=25.0 m	2 x (0.70+18.70+0.70)
	Ponticello Svincolo di Truccazzano 1 L=25.0 m	(0.70+14.25+0.70)
	Ponticello Svincolo di Truccazzano 2 L=25.0 m	(0.70+25.75+0.70)
Starada Tipo F1	Sottovia L=18.00 m S.P. 103 Cassanese in Comune di Pozzuolo M.	2 x (0.70+18.70+0.70)
Starada Tipo F1	Sottovia L=18.00 m S.P. 39 in Comune di Truccazzano	2 x (0.70+18.70+0.70)
Starada Tipo F1	Sottovia L=18.00 m S.C. in Comune di Truccazzano	2 x (0.70+18.70+0.70)
Strada tipo C	Sottovia Strada tipo C L=13.00 m in Comune di Cerro al Lambro	2 x (0.70+10.50+0.70)
	Sottovia Ramo di Svincolo L=8.00 m in Comune di Cerro al Lambro	(0.70+9.00+0.70)

Sono previsti inoltre una serie di attraversamenti minori realizzati con manufatti scatolari in opera di dimensioni massime pari a 5.00 x 3.00 m.

2.6.3. Viadotto svincolo A1

Il Viadotto, a carreggiate separate, si sviluppa nel suo tracciato principale per un totale di circa 1.365 m in carreggiata Nord e 1.380 m in carreggiata Sud ed è costituito da tratti aventi luci di diverso valore: campate con luci massime di 130 m e campate con luci tipiche di 70 m. Vincolanti per la scelta delle grandi luci sono stati i cinque principali attraversamenti da realizzare: la linea ferroviaria storica Milano - Bologna, la linea ad alta capacità in fase di realizzazione, la discarica di Cerro, il Lambro e l'Autostrada A1. Al suddetto tracciato principale si aggiungono rami di svincolo che portano alla via principale.

L'impalcato è realizzato in struttura mista acciaio-calcestruzzo, con travi a cassoncino scatolate ad anime inclinate verso l'esterno. In generale lo stesso criterio che ha portato alla realizzazione dei cavalcavia (travi a cassoncino laterali correnti e cassoncino intermedio a cavallo delle pile) è riproposto anche per il viadotto, tutto ciò nell'ottica di rispettare gli elementi di coerenza del sistema architettonico dell'opera nella sua globalità La differenza sostanziale è che i cassoncini correnti sono in numero di 3, mentre quelli intermedi sono 2.

Gli spessori caratteristici dei cassoncini in acciaio sono i seguenti: per i viadotti 1 sia in carreggiata Nord che Sud i cassoncini correnti hanno altezza pari a 4.20 m mentre quelli centrali presentano una rastremazione fino ad un'altezza pari a 6.70 m; per i restanti viadotti le altezze vanno da 2.00 m a 3.50 m.

Data la grande variabilità in pianta degli impalcati si è adottato il criterio di mantenere costante sia sul tracciato principale che sulle rampe lo sbalzo di soletta verso l'esterno. Al contrario tale sbalzo è molto contenuto verso l'interno.

Il getto della soletta in c.a. sia per gli impalcati principali che per i rami di svincolo, ha spessore minimo pari a 30 cm ed è previsto su coppelle autoportanti.

Così come per i cavalcavia, le sottostrutture sono costituite da getti in opera in c.a. e le fondazioni previste sono di tipo profondo. Le pile presentano un fusto a sezione variabile rastremata in pianta verso le estremità, ed hanno larghezza trasversale limitata all'interasse degli appoggi dei due cassoncini centrali. Il corpo centrale della pila presenta una finitura realizzata mediante l'impiego di matrice in gomma da predisporre nel cassero al fine di produrre un effetto di '*cemento spuntato grosso*'.

Gli apparecchi d'appoggio di spalla sono ubicati in corrispondenza ai tre cassoni laterali e le dimensioni trasversali dei corpi in elevazione sono limitate all'ingombro massimo degli apparecchi d'appoggio, richiamando in sezione il disegno dell'elevazione delle pile.

2.7. IMPIANTI

Per quanto riguarda il tema della sicurezza stradale, l'impiantistica prevista nel progetto della Tangenziale Est Esterna di Milano può essere schematizzata in questo modo:

- SIV (Sistema Informativo di Viabilità e traffico);
- Sistema di pagamento automatico del pedaggio;
- Impianti di sicurezza e illuminazione in galleria;
- Impianti di monitoraggio del traffico;
- Sistema di telecontrollo degli impianti.

Nella concezione generale delle opere é stato tenuto conto degli aspetti di manutenzione o di soccorso in caso di emergenza. Perciò, gli impianti progettati non mirano solo a fronteggiare gli incidenti una volta accaduti, ma sono stati previsti e predisposti per essere uno strumento di prevenzione atto a limitare, per quanto possibile, il numero degli incidenti e la loro gravità, oltre ad essere strumento di informazione all'utenza, verifica e controllo del traffico e degli impianti stessi nella gestione ordinaria del tracciato.

Per questa ragione gli impianti ed i sistemi di sicurezza in particolare, non sono stati intesi come impianti utilizzati esclusivamente in condizione di emergenza, bensì per essere integrati con le normali operazioni di controllo, manutenzione e prevenzione. Per tutti gli impianti elettrici e speciali é stato previsto il telecontrollo delle funzioni primarie dal centro operativo.

2.8. OPERE DI MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE AMBIENTALE

In relazione ai fattori ambientali da salvaguardare e alle caratteristiche territoriali delle aree attraversate, lungo i territori interessati dal tracciato, sono previste opere di mitigazione e compensazioni ambientali che si concretizzano attraverso diverse tipologie di intervento privilegiando l'impiego di fasce di vegetazione autoctona. Tali fasce, oltre a contribuire a ridurre l'impatto ambientale dell'infrastruttura, entrano a far parte integrante del sistema della rete ecologica costituendo dei corridoi per le specie faunistiche presenti.

Inoltre, per aumentare l'efficacia mitigativa anche sull'impatto acustico di dette fasce, in numerosi punti del percorso, è previsto il posizionamento di adeguate barriere antirumore in grado di abbattere l'inquinamento acustico proveniente dalla sede viaria. Queste sono preferibilmente costruite con artifici paesaggistici (movimenti e rilevati di terra di altezza variabile in grado di ospitare quinte arboree ed arbustive); dove l'esiguità dello spazio non lo permette è prevista l'installazione di barriere acustiche bidimensionali.

L'integrazione della nuova opera con l'ambiente ed il territorio, basato sul concetto di unire i benefici che l'opera genererà ai suoi fruitori con precise garanzie di salvaguardia e valorizzazione del contesto in cui si inserirà, si completa attraverso una serie di azioni correttive del sistema dei trasporti locali che prevedono la realizzazione di *opere compensative* in virtù dell'interazione della nuova infrastruttura autostradale con la viabilità minore. In particolare gli interventi principali su scala locale previsti contestualmente all'opera autostradale riguardano:

- Variante alla S.P. n°13: Tangenziale di Pessano con Bornago;
- Variante alla S.S. n°11 "Padana Superiore": tangenziale all'abitato Villa Fornaci (Comune di Gessate);
- Completamento Variante S.P. n°103 "Cassanese": Tangenziale di Pozzuolo Martesana.
- Variante alla S.P. n°201 – tangenziale all'abitato di Marzano (Comune di Merlino)
- Variante alla S.P. n°16 – tangenziale all'abitato di Zelo Buon Persico
- Riqualifica della SP n°159 in Comune di Casal Maiocco;
- Riqualifica della SP n° 219 nei comuni di Casalmaiocco e Vizzolo Predabissi;
- Rettifica alla SP 158 in località Cassina d'Alberi – Comune di Mulazzano;
- Variante di Sordio alla SS n° 9 via Emilia;
- Raccordo viario tra la S.P. 17 e la S.P.40 nei Comuni di Melegnano e Cerro al Lambro;
- Variante alla S.S. n°9 "Emilia" – Tangenziale di Tavazzano.

Per quanto riguarda le caratteristiche tecniche delle opera sopracitate si rimanda agli specifici elaborati del progetto preliminare.

2.9. CALCOLO SOMMARIO DELLA SPESA

Di seguito si riporta il quadro economico generale dell'intervento:

CALCOLO SOMMARIO DELLA SPESA							
RIEPILOGO GENERALE TRATTI 1-4 (km 33+133)							
N.	DESCRIZIONE		TRATTO 1	TRATTO 2	TRATTO 3	TRATTO 4	TOTALE
	A - LAVORI A BASE D'ASTA:						
A.1	Movimenti di materie e demolizioni	€	10.627.400,70	17.421.815,81	43.663.264,02	19.695.537,10	91.408.017,63
A.2	Opere d'arte singolari	€	46.031.636,89	74.275.850,83	41.252.141,15	231.544.289,88	393.103.918,75
A.3	Opere d'arte minori	€	4.451.905,05	7.442.781,10	12.711.982,67	9.136.078,13	33.742.746,95
A.4	Sottofondi e pavimentazioni	€	8.381.950,75	15.130.299,59	20.128.373,70	13.708.669,51	57.349.293,55
A.5	Lavori diversi	€	5.952.080,00	8.580.750,00	10.233.000,00	9.061.000,00	33.826.830,00
A.6	Sicurezza stradale	€	5.315.047,47	9.769.873,21	12.885.976,80	11.866.847,95	39.837.745,43
A.7	Opere complementari	€	39.314.879,13	42.723.059,31	31.327.688,32	39.364.242,78	152.729.869,54
A.8	Opere in verde	€	978.363,45	505.428,73	691.460,55	389.094,00	2.564.346,73
A.9	Opere di cantierizzazione e ripristino 5%	€	6.052.663,15	8.792.492,95	8.644.694,35	16.738.287,95	40.228.138,43
A.10	Opere connesse	€	12.052.353,42	48.621.105,97	13.911.388,88	44.798.765,36	119.383.613,63
A	TOTALE	€	139.158.280,01	233.263.457,50	195.449.970,44	396.302.812,66	964.174.520,64
	B - ONERI SICUREZZA:						
B.1	di cui oneri per la sicurezza già compresi 0% di A	€	-	-	-	-	-
B.2	oneri per la sicurezza aggiuntivi 4% di A	€	5.566.331,20	9.330.538,30	7.817.998,82	15.852.112,51	38.566.980,83
B	TOTALE ONERI SICUREZZA	€	5.566.331,20	9.330.538,30	7.817.998,82	15.852.112,51	38.566.980,83
C	TOTALE LAVORI A BASE D'ASTA (A + B.2)	€	144.724.611,21	242.593.995,80	203.267.969,26	412.154.925,16	1.002.741.501,46
	E - SOMME A DISPOSIZIONE:						
E.1	espropri	€	20.306.000,00	37.440.000,00	51.714.000,00	50.050.000,00	159.510.000,00
E.2	indennizzi per demolizione fabbricati	€	805.500,00	340.000,00	5.180.000,00	800.000,00	7.125.500,00
E.3	eliminazione interferenze	€	4.279.600,00	7.139.080,00	9.024.080,00	12.306.840,00	32.749.600,00
E.4.a	imprevisti 5% di C + E.1 + E.2 + E.3	€	8.505.785,56	14.375.653,79	13.459.302,46	23.765.588,26	60.106.330,07
E.4.b	opere AdP	€					137.800.000,00
E.5	accordi bonari 3% di C + E.1 + E.2 + E.3 + E.4.a	€	5.358.644,90	9.056.661,89	8.479.360,55	14.972.320,60	37.866.987,95
E.6	prove 1% di C	€	1.447.246,11	2.425.939,96	2.032.679,69	4.121.549,25	10.027.415,01
E.7	spese generali 10% di C + E.1 + E.2 + E.3 + E.4.a + E.5 + E.6	€	18.542.738,78	31.337.133,14	29.315.739,20	51.817.122,33	131.012.733,45
E	TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE	€	59.245.515,35	102.114.468,78	119.205.161,90	157.833.420,44	576.198.566,48
C + E	IMPORTO TOTALE DEI LAVORI LORDO	€	203.970.126,57	344.708.464,58	322.473.131,16	569.988.345,60	1.578.940.067,95
N.B.: IMPORTI I.V.A. ESCLUSA							

2.10. SPECIFICAZIONE DELLE OPERE GENERALI E DELLE EVENTUALI OPERE SPECIALIZZATE COMPRESE NELL'INTERVENTO CON I RELATIVI IMPORTI

In relazione alla diffusa distribuzione delle opere sul territorio si è reso necessario ottimizzare il processo costruttivo della nuova infrastruttura attraverso la suddivisione dell'estesa del progetto in tratte da realizzarsi contemporaneamente. Più precisamente, il nuovo raccordo autostradale è stato suddiviso complessivamente in 4 ambiti omogenei, ovvero in 4 "Tratti Operativi" così localizzati:

⇒ **Tratto operativo n. 1**

Il Tratto operativo 1 si estende da inizio intervento allo svincolo "Gessate" (escluso). La lunghezza del presente tratto operativo è di circa m 3.997.

⇒ **Tratto operativo n. 2**

Il Tratto operativo 2 si estende dallo svincolo "Gessate" (incluso) allo svincolo "Liscate" (incluso). La lunghezza del presente tratto operativo è di circa m 7.738.

⇒ **Tratto operativo n. 3**

Il Tratto operativo 3 si estende dallo svincolo "Liscate" (escluso) allo svincolo "Mulazzano" (incluso). La lunghezza del presente tratto operativo è di circa m 12.443.

⇒ **Tratto operativo n. 4**

Il Tratto operativo 4 si estende dallo svincolo "Mulazzano" (escluso) a fine intervento. La lunghezza del presente tratto operativo è di circa m 8.955.

Ogni tratto operativo è caratterizzato dalle seguenti opere generali:

- **Movimenti di materie e demolizioni**: comprendono tutte le voci per la realizzazione del corpo stradale, compresi i trasporti dei materiali tra i vari lotti e le relative lavorazioni;
- **Opere d'arte singolari**: comprendono la realizzazione delle opere strutturali e la relativa parte idraulica, sono escluse le barriere di sicurezza, le pavimentazioni e la segnaletica;
- **Opere d'arte minori**: comprendono tutte le opere per realizzare attraversamenti idraulici, stradali minori e pedonali; i muri di testata relativi, i muri di imbocco delle gallerie artificiali e le opere provvisionali necessarie per alcuni interventi particolari;
- **Sottofondi e pavimentazioni**: comprendono tutte le voci per la realizzazione delle pavimentazioni relative sia ai tratti all'aperto che a quelli in galleria o su viadotto;
- **Lavori diversi**: comprendono tutte le voci per la realizzazione dello smaltimento delle acque meteoriche nei tratti all'aperto, negli svincoli, nelle viabilità minori e per la risoluzione delle interferenze idrografiche
- **Sicurezza stradale**: comprendono tutte le voci per la realizzazione delle barriere di sicurezza, delle recinzioni, dei parapetti, delle reti di protezione e degli eventuali cordoli necessari;
- **Opere complementari**: comprendono tutte le voci per la realizzazione della segnaletica; degli impianti con le relative opere civili; dei fabbricati e delle barriere di esazione; delle opere di sistemazione paesaggistica; delle barriere fonoisolanti e delle dune;
- **Opere in verde**: comprendono tutte le voci per la realizzazione della semina delle scarpate del solo corpo stradale;
- **Opere di cantierizzazione e ripristino**: comprendono tutte le voci per la realizzazione delle viabilità di cantiere, delle aree di campo e cantiere e per il ripristino delle stesse aree al termine dei lavori;
- **Opere connesse**: comprendono le viabilità al servizio del territorio attraversato.

Nel seguito si riporta, per ogni tratto operativo, l'elenco delle opere (generali e specializzate) che dovranno essere compiute con i relativi importi.

TRATTO 1 - da interconnessione con A4 (compresa) a svincolo di Gessate (escluso) (km 3+997)							
	A - LAVORI A BASE D'ASTA:						
A.1	Movimenti di materie e demolizioni:						
1	Autostrada					=€	8.442.451,14
2	Svincolo di Pessano					=€	766.630,50
3	Interconnessione con Autostrada A4					=€	1.315.578,70
4	Deviazioni stradali					=€	102.740,36
	Totale A.1 - movimenti di materie e demolizioni					**€**	**10.627.400,70**
A.2	Opere d'arte singolari:						
1	Viadotto su Autostrada A4					=€	7.659.402,75
2	Galleria artificiale Cambiago					=€	17.406.644,57
3	Galleria artificiale Villoresi					=€	5.802.216,88
4	Galleria artificiale Gessate 1					=€	7.542.881,13
5	Cavalcavia di svincolo					=€	1.870.524,97
6	Sottovia tipo F1					=€	776.689,84
7	Sottovia L = m 13 rami di svincolo A4					=€	277.200,00
8	Gallerie artificiali rami di svincolo A4					=€	4.696.076,75
	Totale A.2 - opere d'arte singolari					**€**	**46.031.636,89**
A.3	Opere d'arte minori:						
1	Tombini scatolari m 3,00x3,00					=€	544.605,27
2	Tombini scatolari m 6,00x3,00					=€	377.977,73
3	Muri H = m 2					=€	82.170,10
4	Muri H = m 6					=€	1.340.633,38
5	Opere di sostegno provvisionali					=€	2.106.518,57
	Totale A.3 - opere d'arte minori					**€**	**4.451.905,05**
A.4	Sottofondi e pavimentazioni:						
1	Autostrada					=€	5.136.464,53
2	Svincolo di Pessano					=€	1.082.771,85
3	Interconnessione con Autostrada A4					=€	1.838.622,80
4	Deviazioni stradali					=€	324.091,57
	Totale A.4 - sottofondi e pavimentazioni					**€**	**8.381.950,75**
A.5	Lavori diversi:						
1	Smaltimento acque: Autostrada					=€	4.340.000,00
2	Smaltimento acque: Svincoli, Area di Servizio, Interconnessione e deviazioni					=€	1.302.080,00
3	Interferenze idrografiche					=€	310.000,00
	Totale A.5 - lavori diversi					**€**	**5.952.080,00**
A.6	Sicurezza stradale:						
1	Autostrada					=€	3.068.163,31
2	Svincolo di Pessano					=€	916.155,79
3	Interconnessione con Autostrada A4					=€	1.193.285,44
4	Deviazioni stradali					=€	137.442,93
	Totale A.6 - sicurezza stradale					**€**	**5.315.047,47**

A.7	**Opere complementari:**						
1	Segnaletica orizzontale e verticale					=€	703.501,50
2	Impianti e relative opere civili					=€	7.175.423,01
3	Fabbricati svincoli e barriere di esazione					=€	7.975.000,00
4	Adeguamento svincolo di Cambiago su A4; demolizione e rifacimento di n. 2 cavalcavia su A4					=€	17.300.000,00
5	Opere di sistemazione paesaggistica:						
	- aree di compensazione					=€	141.592,86
	- tare di mitigazione					=€	1.406.446,69
	- sistemazione dei bordi stradali					=€	740.185,89
	- sistemazione dello spartitraffico centrale					=€	674.661,62
	- sistemazione delle aree degli svincoli					=€	2.042.166,50
	- sistemazione a filari arborei					=€	79.040,00
6	Barriere fonoisolanti					=€	651.755,83
7	Dune					=€	425.105,23
	Totale A.7 - opere complementari					€	**39.314.879,13**
A.8	**Opere in verde:**						
1	Autostrada					=€	859.364,26
2	Svincolo di Pessano					=€	49.909,57
3	Interconnessione con Autostrada A4					=€	65.100,00
4	Deviazioni stradali					=€	3.989,62
	Totale A.8 - opere in verde					€	**978.363,45**
A.9	**Opere di cantierizzazione e ripristino 5%**	€	121.053.263	*	5%	€	**6.052.663,15**
A.10	**Opere connesse:**						
1	Variante S.P. 13 (tangenziale di Pessano)					=€	12.052.353,42
	Totale A.10 - opere connesse					€	**12.052.353,42**
A	**TOTALE**					€	**139.158.280,01**
	B - ONERI SICUREZZA:						
B.1	**di cui oneri per la sicurezza già compresi 0% di A**	€	139.158.280	*	0,0%	€	-
B.2	**oneri per la sicurezza aggiuntivi 4% di A**	€	139.158.280	*	4,0%	€	5.566.331,20
B	**TOTALE ONERI SICUREZZA**					€	**5.566.331,20**
C	**TOTALE LAVORI A BASE D'ASTA (A + B.2)**					€	**144.724.611,21**
	E - SOMME A DISPOSIZIONE:						
E.1	espropri	mq	781.000	*€/mq	26,00	=€	20.306.000,00
E.2	indennizzi per demolizione fabbricati				a corpo	=€	805.500,00
E.3	eliminazione interferenze	ml	8.230	*€/ml	520,00	=€	4.279.600,00
E.4	imprevisti 5% di C + E.1 + E.2 + E.3					=€	8.505.785,56
E.5	accordi bonari 3% di C + E.1 + E.2 + E.3 + E.4					=€	5.358.644,90
E.6	prove 1% di C					=€	1.447.246,11
E.7	monitoraggio ambientale e spese generali 10% di C + E.1 + E.2 + E.3 + E.4 + E.5 + E.6					=€	18.542.738,78
							-
E	**TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE**					€	**59.245.515,35**
C + E	**IMPORTO TOTALE DEI LAVORI LORDO**					€	**203.970.126,57**
N.B.: IMPORTI I.V.A. ESCLUSA							

TRATTO 2 - da svincolo di Gessate (compreso) a svincolo di Liscate (compreso) (km 7+738)							
	A - LAVORI A BASE D'ASTA:						
A.1	**Movimenti di materie e demolizioni:**						
1	Autostrada					=€	12.468.763,51
2	Parcheggio scambiatore di Gessate					=€	415.580,20
3	Svincolo di Gessate					=€	646.350,00
4	Svincolo di Pozzuolo					=€	528.701,00
5	Svincolo di Liscate					=€	2.754.736,00
6	Deviazioni stradali					=€	607.685,10
	Totale A.1 - movimenti di materie e demolizioni					**€**	**17.421.815,81**
A.2	**Opere d'arte singolari:**						
1	Galleria artificiale Gessate 2 (senza viabilità locale)					=€	24.949.519,70
2	Galleria artificiale Gessate 2 (con viabilità locale)					=€	12.577.735,37
3	Galleria artificiale Martesana					=€	14.146.724,35
4	Viadotto su Ferrovia MI-VE					=€	5.341.490,33
5	Cavalcavia tipo F					=€	6.601.858,06
6	Cavalcavia di svincolo					=€	5.611.575,25
7	Sottovia tipo F1					=€	1.109.557,11
8	Passerella pedonale parcheggio scambiatore (comprese rampe)					=€	420.000,00
9	Ponte su torrente Molgora (raccordo sv. Liscate-Rivoltana)					=€	983.100,57
10	Cavalcavia SP 13 (raccordo sv. Liscate-Rivoltana)					=€	566.691,19
11	Cavalcavia ramo di svincolo (raccordo sv. Liscate-Rivoltana)					=€	1.967.598,90
	Totale A.2 - opere d'arte singolari					**€**	**74.275.850,83**
A.3	**Opere d'arte minori:**						
1	Tombini scatolari m 3,00x3,00					=€	2.541.491,21
2	Tombini scatolari m 6,00x3,00					=€	2.267.866,32
3	Muri H = m 2					=€	383.460,47
4	Muri H = m 6					=€	845.617,38
5	Opere di sostegno provvisionali					=€	1.404.345,72
	Totale A.3 - opere d'arte minori					**€**	**7.442.781,10**
A.4	**Sottofondi e pavimentazioni:**						
1	Autostrada					=€	8.957.271,47
2	Parcheggio scambiatore di Gessate					=€	1.594.935,00
3	Svincolo di Gessate					=€	893.267,51
4	Svincolo di Pozzuolo					=€	991.874,76
5	Svincolo di Liscate					=€	2.124.238,54
6	Deviazioni stradali					=€	568.712,31
	Totale A.4 - sottofondi e pavimentazioni					**€**	**15.130.299,59**
A.5	**Lavori diversi:**						
1	Smaltimento acque: Autostrada					=€	6.140.000,00
2	Smaltimento acque: Svincoli, Parcheggio Scambiatore e deviazioni					=€	1.660.750,00
3	Interferenze idrografiche					=€	780.000,00
	Totale A.5 - lavori diversi					**€**	**8.580.750,00**
A.6	**Sicurezza stradale:**						
1	Autostrada					=€	6.102.942,72
2	Parcheggio scambiatore di Gessate					=€	350.000,00
3	Svincolo di Gessate					=€	938.253,69
4	Svincolo di Pozzuolo					=€	671.356,29
5	Svincolo di Liscate					=€	1.263.867,49
6	Deviazioni stradali					=€	443.453,02
	Totale A.6 - sicurezza stradale					**€**	**9.769.873,21**

A.7	**Opere complementari:**						
1	Segnaletica orizzontale e verticale					=€	1.575.067,00
2	Impianti e relative opere civili					=€	18.169.669,01
3	Fabbricati svincoli e barriere di esazione					=€	12.337.250,00
4	Opere di sistemazione paesaggistica:						
	- aree di compensazione					=€	131.931,17
	- tare di mitigazione					=€	2.842.137,82
	- sistemazione dei bordi stradali					=€	1.566.573,96
	- sistemazione dello spartitraffico centrale					=€	1.331.365,09
	- sistemazione delle aree degli svincoli					=€	1.859.483,38
	- sistemazione a prato					=€	17.936,00
	- sistemazione a filari arborei					=€	134.160,00
5	Barriere fonoisolanti					=€	1.976.992,66
6	Dune					=€	780.493,22
	Totale A.7 - opere complementari					€	**42.723.059,31**
A.8	**Opere in verde:**						
1	Autostrada					=€	353.459,16
2	Parcheggio scambiatore di Gessate					=€	19.530,00
3	Svincolo di Gessate					=€	39.060,00
4	Svincolo di Pozzuolo					=€	30.379,57
5	Svincolo di Liscate					=€	39.060,00
6	Deviazioni stradali					=€	23.940,00
	Totale A.8 - opere in verde					€	**505.428,73**
A.9	**Opere di cantierizzazione e ripristino 5%**	€	175.849.859	*	5%	€	**8.792.492,95**
A.10	**Opere connesse:**						
1	Variante S.S. 11 (tangenziale di Villa Fornaci)					=€	7.684.452,33
2	Completamento variante S.P. 103 (tangenziale di Pozzuolo)					=€	40.936.653,64
	Totale A.10 - opere connesse					€	**48.621.105,97**
A	**TOTALE**					€	**233.263.457,50**
	B - ONERI SICUREZZA:						
B.1	**di cui oneri per la sicurezza già compresi 0% di A**	€	233.263.457	*	0,0%	€	-
B.2	**oneri per la sicurezza aggiuntivi 4% di A**	€	233.263.457	*	4,0%	€	9.330.538,30
B	**TOTALE ONERI SICUREZZA**					€	**9.330.538,30**
C	**TOTALE LAVORI A BASE D'ASTA (A + B.2)**					€	**242.593.995,80**
	E - SOMME A DISPOSIZIONE:						
E.1	espropri	mq	1.440.000	*€/mq	26,00	=€	37.440.000,00
E.2	indennizzi per demolizione fabbricati				a corpo	=€	340.000,00
E.3	eliminazione interferenze	ml	13.729	*€/ml	520,00	=€	7.139.080,00
E.4	imprevisti 5% di C + E.1 + E.2 + E.3					=€	14.375.653,79
E.5	accordi bonari 3% di C + E.1 + E.2 + E.3 + E.4					=€	9.056.661,89
E.6	prove 1% di C					=€	2.425.939,96
E.7	monitoraggio ambientale e spese generali 10% di C + E.1 +'E.2 + E.3 + E.4 + E.5 + E.6					=€	31.337.133,14
E	**TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE**					€	**102.114.468,78**
C + E	**IMPORTO TOTALE DEI LAVORI LORDO**					€	**344.708.464,58**
	N.B.: IMPORTI I.V.A. ESCLUSA						

TRATTO 3 - da svincolo di Liscate (escluso) a svincolo di Mulazzano (compreso) (km 12+443)							
	A - LAVORI A BASE D'ASTA:						
A.1	**Movimenti di materie e demolizioni:**						
1	Autostrada					=€	30.983.401,78
2	Area di servizio di Paullo					=€	1.932.350,20
3	Svincolo di Paullo					=€	2.204.321,30
5	Deviazioni stradali					=€	8.543.190,74
	Totale A.1 - movimenti di materie e demolizioni					**€**	**43.663.264,02**
A.2	**Opere d'arte singolari:**						
1	Ponte Torrente Molgora					=€	1.282.698,56
2	Ponte Canale Muzza 1					=€	5.341.490,33
3	Ponte Canale Muzza 2					=€	5.341.490,33
4	Cavalcavia tipo F					=€	11.003.084,62
5	Cavalcavia tipo B					=€	3.505.276,29
6	Cavalcavia tipo C					=€	1.870.524,97
7	Cavalcavia di svincolo					=€	1.870.524,97
8	Cavalcavia di svincolo monosenso					=€	2.724.369,00
9	Sottovia tipo F1					=€	2.219.097,27
10	Galleria artificiale ramo di svincolo di Paullo					=€	3.035.620,16
11	Trincea sotto falda ramo di svincolo di Paullo					=€	3.057.964,65
	Totale A.2 - opere d'arte singolari					**€**	**41.252.141,15**
A.3	**Opere d'arte minori:**						
1	Tombini scatolari m 3,00x3,00					=€	4.992.214,85
2	Tombini scatolari m 6,00x3,00					=€	4.157.754,91
3	Muri H = m 2					=€	753.225,97
4	Muri H = m 6					=€	1.053.354,77
5	Opere di sostegno provvisionali					=€	1.755.432,17
	Totale A.3 - opere d'arte minori					**€**	**12.711.982,67**
A.4	**Sottofondi e pavimentazioni:**						
1	Autostrada					=€	14.762.874,68
2	Area di servizio di Paullo					=€	2.420.136,34
3	Svincolo di Paullo					=€	930.388,07
5	Deviazioni stradali					=€	2.014.974,61
	Totale A.4 - sottofondi e pavimentazioni					**€**	**20.128.373,70**
A.5	**Lavori diversi:**						
1	Smaltimento acque: Autostrada					=€	7.165.000,00
2	Smaltimento acque: Svincoli, Area di Servizio, Interconnessione e deviazioni					=€	1.118.000,00
3	Interferenze idrografiche					=€	1.950.000,00
	Totale A.5 - lavori diversi					**€**	**10.233.000,00**
A.6	**Sicurezza stradale:**						
1	Autostrada					=€	10.191.749,75
2	Area di servizio di Paullo					=€	525.000,00
3	Svincolo di Paullo					=€	831.858,89
4	Svincolo di Mulazzano					=€	-
5	Deviazioni stradali					=€	1.337.368,16
	Totale A.6 - sicurezza stradale					**€**	**12.885.976,80**

A.7	**Opere complementari:**						
1	Segnaletica orizzontale e verticale					=€	1.539.674,50
2	Impianti e relative opere civili					=€	7.889.589,82
3	Fabbricati svincoli e barriere di esazione					=€	2.949.500,00
4	Urbanizzazione area logistica Barilla					=€	1.540.000,00
5	Area di sosta di Rossate					=€	869.000,00
6	Opere di sistemazione paesaggistica:						
	- aree di compensazione					=€	354.537,94
	- tare di mitigazione					=€	4.524.025,16
	- sistemazione dei bordi stradali					=€	2.630.520,88
	- sistemazione dello spartitraffico centrale					=€	2.162.897,48
	- sistemazione delle aree degli svincoli					=€	1.202.895,33
	- sistemazione a prato					=€	76.152,00
	- sistemazione a filari arborei					=€	196.560,00
7	Barriere fonoisolanti					=€	4.678.158,44
8	Dune					=€	714.176,77
	Totale A.7 - opere complementari					€	**31.327.688,32**
A.8	**Opere in verde:**						
1	Autostrada					=€	520.449,74
2	Area di servizio di Paullo					=€	32.550,00
3	Svincolo di Paullo					=€	34.720,43
4	Svincolo di Mulazzano					=€	-
5	Deviazioni stradali					=€	103.740,38
	Totale A.8 - opere in verde					€	**691.460,55**
A.9	**Opere di cantierizzazione e ripristino 5%**	€	172.893.887	*	5%	€	**8.644.694,35**
A.10	**Opere connesse:**						
1	Variante S.P. 201 (tangenziale di Merzano)					=€	4.699.896,78
2	Variante S.P. 16 (tangenziale di Zelo Buon Persico)					=€	6.926.313,68
3	Variante S.P. 16 in località Muzzano					=€	2.285.178,42
	Totale A.10 - opere connesse					€	**13.911.388,88**
A	**TOTALE**					€	**195.449.970,44**
	B - ONERI SICUREZZA:						
B.1	**di cui oneri per la sicurezza già compresi 0% di A**	€	195.449.970	*	0,0%	€	-
B.2	**oneri per la sicurezza aggiuntivi 4% di A**	€	195.449.970	*	4,0%	€	7.817.998,82
B	**TOTALE ONERI SICUREZZA**					€	**7.817.998,82**
C	**TOTALE LAVORI A BASE D'ASTA (A + B.2)**					€	**203.267.969,26**
	E - SOMME A DISPOSIZIONE:						
E.1	espropri	mq	1.989.000	*€/mq	26,00	=€	51.714.000,00
E.2	indennizzi per demolizione fabbricati				a corpo	=€	5.180.000,00
E.3	eliminazione interferenze	ml	17.354	*€/ml	520,00	=€	9.024.080,00
E.4	imprevisti 5% di C + E.1 + E.2 + E.3					=€	13.459.302,46
E.5	accordi bonari 3% di C + E.1 + E.2 + E.3 + E.4					=€	8.479.360,55
E.6	prove 1% di C					=€	2.032.679,69
E.7	monitoraggio ambientale e spese generali 10% di C + E.1 + E.2 + E.3 + E.4 + E.5 + E.6					=€	29.315.739,20
E	**TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE**					€	**119.205.161,90**
C + E	**IMPORTO TOTALE DEI LAVORI LORDO**					€	**322.473.131,16**
	N.B.: IMPORTI I.V.A. ESCLUSA						

TRATTO 4 - da svincolo di Mulazzano (escluso) a interconnessione con A1 (compresa) (km 8+955)							
	A - LAVORI A BASE D'ASTA:						
A.1	**Movimenti di materie e demolizioni:**						
1	Autostrada					=€	13.201.003,48
2	Svincolo di Vizzolo					=€	2.441.396,00
3	Interconnessione con Autostrada A1					=€	2.838.947,22
4	Casello terminale di Cerro al Lambro					=€	320.841,90
5	Deviazioni stradali					=€	893.348,50
	Totale A.1 - movimenti di materie e demolizioni					**€**	**19.695.537,10**
A.2	**Opere d'arte singolari:**						
1	Galleria artificiale Dresano					=€	60.448.120,98
2	Trincea sotto falda di Dresano					=€	37.566.503,77
3	Viadotto Lambro					=€	100.668.244,72
4	Cavalcavia tipo F					=€	2.200.613,38
5	Cavalcavia tipo C					=€	1.870.524,97
6	Cavalcavia di svincolo					=€	1.870.524,97
7	Sottovia tipo C					=€	1.418.459,38
8	Ponte punto di incontro					=€	-
9	Sottopasso L = m 10					=€	907.200,00
10	Gallerie artificiali rami di svincolo A1					=€	6.599.172,06
11	Trincea sotto falda rami di svincolo A1					=€	6.689.297,12
12	Viadotto rami di svincolo monosenso A1					=€	5.933.071,08
13	Viadotto rami di svincolo bisenso A1					=€	4.364.557,45
14	Sottovia L = m 8 ramo di svincolo A1					=€	1.008.000,00
	Totale A.2 - opere d'arte singolari					**€**	**231.544.289,88**
A.3	**Opere d'arte minori:**						
1	Tombini scatolari m 3,00x3,00					=€	2.723.026,27
2	Tombini scatolari m 6,00x3,00					=€	2.267.866,32
3	Muri H = m 2					=€	410.850,52
4	Muri H = m 6					=€	574.557,13
5	Opere di sostegno provvisionali					=€	3.159.777,89
	Totale A.3 - opere d'arte minori					**€**	**9.136.078,13**
A.4	**Sottofondi e pavimentazioni:**						
1	Autostrada					=€	9.261.654,23
2	Svincolo di Vizzolo					=€	1.134.584,34
3	Interconnessione con Autostrada A1					=€	1.601.270,52
4	Casello terminale di Cerro al Lambro					=€	795.733,22
5	Deviazioni stradali					=€	915.427,20
	Totale A.4 - sottofondi e pavimentazioni					**€**	**13.708.669,51**
A.5	**Lavori diversi:**						
1	Smaltimento acque: Autostrada					=€	5.915.000,00
2	Smaltimento acque: Svincoli, Interconnessione e deviazioni					=€	1.196.000,00
3	Interferenze idrografiche					=€	1.950.000,00
	Totale A.5 - lavori diversi					**€**	**9.061.000,00**
A.6	**Sicurezza stradale:**						
1	Autostrada					=€	8.502.545,52
2	Svincolo di Vizzolo					=€	842.359,69
3	Interconnessione con Autostrada A1					=€	1.855.741,51
4	Casello terminale di Cerro al Lambro					=€	270.005,40
5	Deviazioni stradali					=€	396.195,83
	Totale A.6 - sicurezza stradale					**€**	**11.866.847,95**

A.7	**Opere complementari:**						
1	Segnaletica orizzontale e verticale					=€	1.416.382,50
2	Impianti e relative opere civili					=€	15.361.050,39
3	Fabbricati svincoli e barriere di esazione					=€	10.924.500,00
4	Opere di sistemazione paesaggistica:						
	- aree di compensazione					=€	796.408,25
	- tare di mitigazione					=€	4.412.488,79
	- sistemazione dei bordi stradali					=€	1.163.689,23
	- sistemazione dello spartitraffico centrale					=€	1.559.693,96
	- sistemazione delle aree degli svincoli					=€	2.091.864,98
	- sistemazione a prato					=€	-
	- sistemazione a filari arborei					=€	211.120,00
5	Barriere fonoisolanti					=€	1.013.842,39
6	Dune					=€	413.202,29
	Totale A.7 - opere complementari					€	**39.364.242,78**
A.8	**Opere in verde:**						
1	Autostrada					=€	252.663,52
2	Svincolo di Vizzolo					=€	41.230,43
3	Interconnessione con Autostrada A1					=€	54.250,43
4	Casello terminale di Cerro al Lambro					=€	13.020,00
5	Deviazioni stradali					=€	27.929,62
	Totale A.8 - opere in verde					€	**389.094,00**
A.9	**Opere di cantierizzazione e ripristino 5%**	€	334.765.759	*	5%	€	**16.738.287,95**
A.10	**Opere connesse:**						
1	Riqualifica S.P. 159					=€	5.576.171,03
2	Raccordo S.P. 17 - S.P. 40					=€	23.801.565,55
3	Variante S.S. 9 (tangenziale di Tavazzano)					=€	10.826.784,28
4	Variante S.S. 9 (tangenziale di Sordio)					=€	4.594.244,50
	Totale A.10 - opere connesse					€	**44.798.765,36**
A	**TOTALE**					€	**396.302.812,66**
	B - ONERI SICUREZZA:						
B.1	**di cui oneri per la sicurezza già compresi 0% di A**	€	396.302.813	*	0,0%	€	-
B.2	**oneri per la sicurezza aggiuntivi 4% di A**	€	396.302.813	*	4,0%	€	15.852.112,51
B	**TOTALE ONERI SICUREZZA**					€	**15.852.112,51**
C	**TOTALE LAVORI A BASE D'ASTA (A + B.2)**					€	**412.154.925,16**
	E - SOMME A DISPOSIZIONE:						
E.1	espropri	mq	1.925.000	*€/mq	26,00	=€	50.050.000,00
E.2	indennizzi per demolizione fabbricati				a corpo	=€	800.000,00
E.3	eliminazione interferenze	ml	23.667	*€/ml	520,00	=€	12.306.840,00
E.4	imprevisti 5% di C + E.1 + E.2 + E.3					=€	23.765.588,26
E.5	accordi bonari 3% di C + E.1 + E.2 + E.3 + E.4					=€	14.972.320,60
E.6	prove 1% di C					=€	4.121.549,25
E.7	monitoraggio ambientale e spese generali 10% di C + E.1 + E.2 + E.3 + E.4 + E.5 + E.6					=€	51.817.122,33
E	**TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE**					€	**157.833.420,44**
C + E	**IMPORTO TOTALE DEI LAVORI LORDO**					€	**569.988.345,60**
N.B.: IMPORTI I.V.A. ESCLUSA							

SPECIFICHE PRESTAZIONALI DELLE OPERE

PARTE I

3. QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI

3.1. CONDIZIONI GENERALI D'ACCETTAZIONE - PROVE DI CONTROLLO

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

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

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

In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione Lavori, la quale prima dell'impiego richiederà, per ogni categoria di lavoro, i relativi "Certificati di Qualità" rilasciati da un Laboratorio ufficiale. Tali certificati dovranno contenere tutti i dati relativi alla provenienza ed alla individuazione dei singoli materiali o loro composizione, agli impianti o luoghi di produzione, nonché i dati risultanti dalle prove di laboratorio atte ad accertare i valori caratteristici richiesti per le varie categorie di lavoro o di fornitura in un rapporto a dosaggi e composizioni proposte.

L'accettazione dei materiali non è in ogni modo definitiva se non dopo che siano stati posti in opera e l'opera sia stata collaudata.

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

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

L'Impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegare, anche se non incluse nelle presenti Norme purché facenti riferimento ad una normativa in uso, sottostando a tutte le spese per il prelievo, la formazione e l'invio dei campioni ai Laboratori in seguito specificati o indicati dalla Società e/o dalla Direzione Lavori, nonché per le corrispondenti prove ed esami.

I campioni saranno prelevati in contraddittorio. Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nei locali indicati dalla Direzione Lavori, previa apposizione di sigilli e firme del Direttore Lavori e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantirne l'autenticità e la conservazione.

Le diverse prove ed esami sui campioni saranno effettuate presso i laboratori ufficiali specificati nell'art. 20 della Legge 5/11/1971 n°1086; la Direzione Lavori potrà a suo giudizio, autorizzare l'esecuzione delle prove presso altri laboratori di sua fiducia.

3.2. CARATTERISTICHE DEI VARI MATERIALI

I materiali da impiegare nei lavori dovranno avere i requisiti fissati qui di seguito e negli articoli successivi. Dovranno pertanto essere forniti di un'idonea certificazione d'origine, che attesti la conformità delle proprie caratteristiche alle specifiche richieste nelle presenti Norme.

Nel caso di mancanza di tale certificazione, il materiale non sarà ritenuto idoneo all'impiego ed immediatamente allontanato dal cantiere, a totale cura e spese dell'Impresa.

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

In caso di difformità con quanto fissato nel presente articolo, varrà quanto prescritto dalla Norma specifica.

La scelta di un tipo di materiale nei confronti di un altro, o tra diversi tipi dello stesso materiale, sarà fatta di volta in volta, in base al giudizio della Direzione Lavori, la quale, per i materiali da acquistare, si assicurerà che provengano da produttori di provata capacità e serietà.

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

2) **Leganti idraulici - Calci aeree - Pozzolane**: dovranno corrispondere alle prescrizioni:

- della legge 26/05/1965 n.595;
- delle "Norme sui requisiti d'accettazione e modalità di prova dei leganti idraulici" D.M. 14-1-1966 modificato con D.M. 3/06/68, D.M. 31/08/1972, D.M. 13/09/93;
- delle "Norme per l'accettazione delle calci aeree" R.D. 16-11-1939 n. 2231;
- delle "Norme per l'accettazione delle pozzolane e dei materiali a comportamento pozzolanico", R.D. 16-11-1939 n. 2230;
- d'altre eventuali successive Norme che dovessero essere emanate dai competenti Organi.

I materiali dovranno trovarsi, al momento dell'uso in perfetto stato di conservazione. Il loro impiego nella preparazione di malte e conglomerati cementizi dovrà avvenire con l'osservanza delle migliori regole d'arte. Durante il corso della fornitura dei leganti, la Direzione Lavori farà eseguire periodicamente, da laboratori ufficiali o da altri laboratori di sua fiducia, prove su campioni di leganti prelevati in contraddittorio con l'Impresa stessa. Le spese per il prelievo, la formazione, l'invio dei campioni, le prove, gli esami e le relative certificazioni, sono a cura e spese dell'Impresa.

3) **Ghiaie - Ghiaietti - Pietrischi - Pietrischetti - Sabbie per opere murarie** (da impiegarsi nella formazione dei conglomerati cementizi, escluse le pavimentazioni): dovranno corrispondere ai requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge n. 1086 del 5-11-1971 (D.M. in vigore) ed ai requisiti stabiliti dal D.M. 14 febbraio 1992, Norme Tecniche alle quali devono uniformarsi le costruzioni in conglomerato cementizio, normale e precompresso, ed a struttura metallica.

Le dimensioni massime degli aggregati costituenti la miscela dovranno essere compatibili con quanto prescritto nel D.M. n. 19 del 9/1/1996 e in ogni caso le maggiori fra quelle previste come compatibili per la struttura cui il conglomerato cementizio è destinato. Di norma però non si dovrà superare la larghezza di cm 5 (per larghezza s'intende la dimensione dell'inerte misurato in una setacciatrice) se si tratta di lavori correnti di fondazione; di cm 4 se si tratta di getti per volti, per lavori di elevazione, muri di sostegno, piedritti, rivestimenti di scarpate o simili; di cm 3 se si tratta di cementi armati; e di cm 2 se si tratta di cappe o di getti di limitato spessore (parapetti, cunette, copertine, ecc.).

4) **Pietrischi - Pietrischetti - Graniglie - Sabbie - Additivi per pavimentazioni**: dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle corrispondenti "Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali" del C.N.R. (Fascicolo n. 4, Ed. 1953 ed eventuali successive modifiche) ed essere rispondenti alle specifiche riportate nelle rispettive norme d'esecuzione lavori.

5) **Ghiaie - Ghiaietti per pavimentazioni**: dovranno corrispondere, come pezzatura e caratteristiche, ai requisiti stabiliti nella "Tabella UNI 2710 - Ed. giugno 1945" ed eventuali successive modifiche.

Dovranno essere costituiti da elementi sani e tenaci, privi d'elementi alterati, essere puliti e praticamente esenti da materie eterogenee, non presentare perdita di peso, per decantazione in acqua, superiore al 2%.

6) **Pietre naturali**: si distinguono in:

- *Cubetti di pietra*: dovranno corrispondere ai requisiti stabiliti nelle corrispondenti "Norme per l'accettazione di cubetti di pietra per pavimentazioni stradali" C.N.R. - Ed. 1954 e nella "Tabella U.N.I. 2719 - Ed. 1945".
- *Cordoni, bocchette di scarico, risvolti, scivoli per accessi,masselli per pavimentazione:* dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle "Tabelle U.N.I. 2712, 2713, 2714, 2715, 2716, 2717, 2718 - Ed. 1945".
- *Pietre da impiegare nelle murature, nei drenaggi, nelle gabbionate*: dovranno essere sostanzialmente compatte ed uniformi, sane e di buona resistenza alla compressione, prive di parti alterate. Dovranno corrispondere ai requisiti stabiliti nelle corrispondenti "Norme per l'accettazione di cubetti di pietra per pavimentazioni stradali" C.N.R. - Ed. 1954 e nella "Tabella U.N.I. 2719 - Ed. 1945". Esse dovranno corrispondere ai requisiti d'accettazione stabiliti nel R.D. 16-11-1939 "Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione" n. 2232. Dovranno avere forme regolari e dimensioni adatte al loro particolare impiego. Le pietre grezze per murature frontali non dovranno presentare screpolature e peli: dovranno essere sgrossate col martello ed anche con la punta, in modo da togliere le scabrosità più sentite nelle facce viste e nei piani di contatto così da permettere lo stabile assestamento su letti orizzontali e in perfetto allineamento.

7) **Pietre da taglio**: proverranno dalle cave che saranno accettate dalla Direzione Lavori.

Esse dovranno essere sostanzialmente uniformi e compatte, sane e tenaci, senza parti alterate, vene, peli od altri difetti, senza immasticature o tasselli. Esse dovranno corrispondere ai requisiti d'accettazione stabiliti dal Regio Decreto 16 novembre 1939 "Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione" – n°2232. Le lavorazioni che potranno essere adottate per le pietre da taglio saranno le seguenti:

a) a grana grossa
b) a grana ordinaria
c) a grana mezza fina
d) a grana fina

Quando anche si tratti di facce semplicemente abbozzate, esse dovranno venire lavorate sotto regolo in modo da non presentare incavi o sporgenze maggiori di 2 cm rispetto al piano medio; le pietre lavorate a punta grossa non presenteranno irregolarità maggiori di 1 cm. Per le pietre lavorate a punta mezzana od a punta fina, i letti di posa saranno lavorati a perfetto piano, e le facce dovranno avere gli spigoli vivi e ben rifilati in modo che le connessure non eccedano i 5 mm. Dove sia prescritta la lavorazione a martellina, le superfici e gli spigoli dovranno essere lavorati in modo che le commessure non eccedono i 3 mm. Non saranno tollerate né smussature negli spigoli, né cavità nelle facce, né masticature o rattoppi.

8) **Tufi**: le pietre di tufo dovranno essere di natura compatta ed uniforme, evitando quelle pomiciose e facilmente friabili.

9) **Materiali Laterizi**: dovranno corrispondere ai requisiti d'accettazione stabiliti con R.D. 16-11-1939 - n. 2232 "Norme per l'accettazione dei materiali laterizi" od alle Norme UNI 5628-65, UNI 1607, UNI 5629-65, UNI 5630-65, UNI 5632-65. I mattoni dovranno essere ben cotti, di forma regolare, con gli spigoli ben profilati e dritti; alla frattura dovranno presentare struttura fine ed uniforme ed essere senza calcinaroli e impurità. I forati e le tegole dovranno risultare di pasta fine ed omogenea, senza impurità, ben cotti, privi di nodi, di bolle, senza ghiaietto o calcinaroli, sonori alla percussione.

10) **Argilla espansa**: dovrà essere ottenuta mediante clinkerizzazione in forni rotanti ad una temperatura di circa 1473 K; peso in mucchio 320÷630 kg/m³ secondo la granulometria.

11) **Blocchi prefabbricati per vibro-compressione**: saranno confezionati con inerti di buona qualità e dosaggi non inferiori a 200 kg di cemento,

di tipo IV 42,5 o 42,5R, per metro cubo d'impasto. La resistenza a rottura degli elementi dovrà essere:

- 8 MPa per blocchi prefabbricati con impiego di ghiaietto e pietrisco;
- 3 MPa per blocchi prefabbricati con impiego d'argilla espansa.

La superficie delle costole dovrà essere almeno pari, nel caso di strutture non portanti, al 40%; nel caso di strutture portanti al 65% della superficie apparente del piano di posa del blocco.

12) **Blocchi prefabbricati di cemento e argilla espansa faccia-vista**: saranno prodotti con inerti di buona qualità e dosaggi non inferiori a 200 kg di cemento, di tipo IV 42,5 o 42,5R, per metro cubo d'impasto. Saranno confezionati con conglomerato cementizio a struttura chiusa; la curva granulometrica varierà da 0,5÷4 mm; la densità da 1.200÷1.600 kg/m³. Una varietà dei blocchi faccia vista è costituita dagli «splittati» ottenuti a spacco da un blocco doppio e possono essere a paramento normale o scanalato.

13) **Materiali ferrosi**: saranno esenti da scorie, soffiature, saldature e da qualsiasi altro difetto. Gli acciai per c.a., c.a.p. e carpenteria metallica dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5-11-1971 n. 1086 (D.M. in vigore). Il lamierino di ferro per formazione di guaine per armature per c.a.p. dovrà essere del tipo laminato a freddo, di qualità extra dolce ed avrà spessore di 0,2 mm. I bulloni normali saranno conformi per le caratteristiche dimensionali alle norme UNI 5727-65 e UNI 5593; quelli ad alta resistenza devono appartenere alle classi delle norme UNI 3740-65. I tubi d'acciaio senza saldatura, per costruzioni meccaniche, dovranno soddisfare la norma UNI 7729 ed appartenere al tipo Fe 510.

14) **Acciaio inossidabile**: dovrà presentare elevata resistenza alla corrosione ed al calore e rispondere, per composizione chimica, caratteristiche e prescrizioni generali, alla norma UNI 6900-71. Le lamiere d'acciaio inox saranno laminate a freddo a norma UNI 8317. La designazione degli acciai è fatta per composizione chimica, dove «x» sta per «acciaio legato», il primo numero indica la percentuale di carbonio moltiplicato per 100 ed i numeri finali indicano i tenori degli elementi di lega in %. Oltre alla classificazione UNI sarà abitualmente usata anche la classificazione AISI (American Iron and Steel Institute).

15) **Acciaio zincato**: profilati, lamiere e tubi d'acciaio, di qualsiasi sezione, spessore o diametro, tanto in elementi singoli quanto assemblati in strutture composte, dovranno essere zincati per immersione in zinco fuso, nel rispetto delle prescrizioni della norma d'unificazione Progetto SS UNI E 14.07.000 (rivestimenti metallici protettivi applicati a caldo - rivestimenti di zinco ottenuti per immersione su oggetti diversi, fabbricati in materiale ferroso). Per tutti i manufatti in lamiera zincata quali coperture, condotti, canali di gronda, converse, scossaline, compluvi, infissi, serrande, serbatoi per acqua e simili, se non altrimenti disposto dovranno essere impiegate lamiere zincate secondo il procedimento Sendzimir. Lo strato di zincatura, inteso come massa di zinco, espressa in grammi al metro quadrato, presente complessivamente su ciascuna faccia della lamiera, se non diversamente specificato, non dovrà essere inferiore a:

- 190 g/m² per zincatura normale;
- 300 g/m² per zincatura pesante.

16) **Alluminio e leghe leggere**: per laminati, trafilati o sagomati non estrusi dovrà essere impiegato alluminio primario di cui alla norma UNI 4507 - «Alluminio primario ALP 99,5 da lavorazione plastica». Leghe leggere da lavorazione plastica resistenti alla corrosione dovranno corrispondere alle norme UNI 3569-66 o UNI 3571.

17) **Alluminio anodizzato**: dovrà risultare conforme alla norma UNI 4522-66 «Rivestimenti per ossidazione anodica dell'alluminio e sue leghe. Classificazione, caratteristiche e collaudo». Gli strati normalizzati d'ossido anodico saranno definiti mediante una sigla (OTO, BRI, ARP, ARC, ARS, IND, VET rispettivamente per strato: ottico, brillante, architettonico lucido, architettonico spazzolato, architettonico satinato chimicamente, industriale grezzo, vetroso), un numero che ne indica la classe di spessore e l'eventuale indicazione della colorazione. Per gli strati architettonici la norma prevede quattro classi di spessore:

- Classe 5: spessore strato min. 5 µm;
- Classe 10: spessore strato min. 10 µm;
- Classe 15: spessore strato min. 15 µm;
- Classe 20: spessore strato min. 20 µm.

Di queste la prima sarà impiegata in parti architettoniche per usi interni di non frequente manipolazione, la seconda per parti architettoniche esposte all'atmosfera con manutenzione periodica, la terza in parti esposte ad atmosfere industriali o marine e la quarta, di tipo rinforzato, in atmosfere particolarmente aggressive.

18) **Rame**: Lamiere, nastri e fili saranno conformi alle UNI 3310/2^/3^/46 - 72.

19) **Prodotti plastici metacrilici**: caratterizzati da infrangibilità, leggerezza ed elevatissima resistenza agli agenti atmosferici, dovranno rispondere alle prescrizioni di cui alle seguenti norme di unificazione: UNI 7067-72 - Materie plastiche metacriliche per stampaggio ed estrusione. Tipi, prescrizioni e prove. UNI 7074-72 - Lastre di polimetilmetacrilato. Tipi, prescrizioni e prove. Le lastre potranno essere di tipo I (colorate in forma e successivamente polimerizzate in blocco) e di tipo II (prepolimerizzate e termoestruse). In ogni caso saranno assolutamente prive di difetti superficiali e di forma. I lucernari, sia a cupola (a semplice od a doppia parete anticondensa) che continui, saranno fabbricati con lastre di polimetilmetacrilato delle migliori qualità (plexiglass, perspex, ecc.).

20) **Legnami**: di qualunque essenza essi siano, dovranno soddisfare, sia per le opere definitive sia per quelle provvisorie, a tutte le prescrizioni ed avere i requisiti delle precise categorie di volta in volta prescritte e non dovranno presentare difetti incompatibili con l'uso cui sono stati destinati.

I legnami rotondi o pali dovranno provenire da vero tronco e non dai rami, saranno diritti in modo che la congiungente i centri delle due basi non esca in alcun punto dal palo. Dovranno essere scortecciati per tutta la loro lunghezza e rettificati in superficie; la differenza fra i diametri medi delle

estremità non dovrà oltrepassare il quarto del maggiore dei due diametri. I legnami grossolanamente squadrati ed a spigolo smussato, dovranno avere tutte le facce spianate, tollerandosi in corrispondenza ad ogni spigolo l'alburno e lo smusso in misura non maggiore di 1/5 della minore dimensione trasversale dell'elemento. I legnami a spigolo vivo dovranno essere lavorati e squadrati a sega e dovranno avere tutte le facce esattamente spianate, senza rientranze o risalti, con gli spigoli tirati a filo vivo, senza alburno né smussi di sorta. I legnami, in genere, dovranno corrispondere ai requisiti di cui al D.M. 30 Ottobre 1912 ed alle Norme UNI in vigore. I legnami di tipo lamellare dovranno essere di qualità I secondo la normativa DIN 4074, con giunzioni a pettine secondo la normativa DIN 88140 e la loro essenza lignea sarà preferibilmente di abete rosso o larice. Le strutture di legno lamellare dovranno essere prodotte da stabilimenti in possesso del certificato di incollaggio di tipo A, in conformità alla norma DIN 1052. Gli eventuali trattamenti protettivi, gli spessori e le modalità applicative degli stessi, dovranno essere del tipo previsto negli elaborati progettuali.

21) **Leganti ed emulsioni bituminosi**: dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle corrispondenti norme C.N.R. "Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali" - Fascicolo n. 2 - Ed. 1951; "Norme per l'accettazione delle emulsioni bituminose per usi stradali" Fascicolo n. 3 - Ed. 1958. "Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali (Campionatura dei bitumi)", Ed. 1980.

22) **Leganti bituminosi**: dovranno corrispondere ai requisiti di cui alle "Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali" - Fascicolo n. 7 - Ed. 1957 del C.N.R.

23) **Vetri e cristalli**: dovranno essere, per le richieste dimensioni, di un sol pezzo, di spessore uniforme, di prima qualità, perfettamente incolori, trasparenti, privi di scorie, bolle, soffiature, ondulazioni, nodi, opacità lattiginose, macchie e qualsiasi altro difetto.

23_1) **Cristalli lustri**: s'intendono per tali i vetri piani con entrambi le facce tese, mediante trattamento "Float", praticamente piane, parallele e lustre. Essi dovranno rispondere alle norme di unificazione UNI 6487-75 vetri piani-cristalli lustri (lustrati e float).

23_2) **Vetri uniti al perimetro (vetro-camera)**: saranno costituiti da pannelli prefabbricati formati da due lastre di vetro piano accoppiate (per mezzo di profilato e distanziatore saldato con adesivi o sigillanti), fra le quali è racchiusa aria o gas disidratati.

Il giunto d'accoppiamento dovrà essere assolutamente ermetico e di conseguenza, non dovrà presentarsi nessuna traccia di polvere o di condensa sulle superfici interne di cristalli. Essi dovranno presentarsi perfettamente trasparenti ed inoltre stabili alla luce, all'invecchiamento ed agli agenti atmosferici. Per le tolleranze sugli spessori, dimensionali e di forme si rimanda alle norme UNI 7172-73.

24) **Geotessili**: costituiti da tessuto non tessuto ottenuto da fibre 100% polipropilene o poliestere di prima qualità (con esclusione di fibre riciclate), agglomerate mediante sistema di agugliatura meccanica, stabilizzate ai raggi UV, con esclusione di collanti, resine, additivi chimici e/o processi di termofusione, termocalandratura e termolegatura. I geotessili sono a filo continuo quando il filamento ha lunghezza teoricamente illimitata.

Nello specchio che segue sono riepilogate, in relazione alla natura chimica dei polimeri impiegati, le principali caratteristiche degli stessi:

Materie prime Caratteristiche tecniche	Poliestere	Polipropilene
. Densità : g/cm³	1,38	0,90
. Punto di rammollimento: K	503÷523	413,00
. Punto di fusione: K	533÷538	443÷448
. Punto d'umidità: % a 65% di umidità relativa	0,4	0,04

I geotessili dovranno, non avere superficie liscia, essere imputrescibili ed atossici, resistenti ai raggi ultravioletti, ai solventi, alle reazioni chimiche che si producono nel terreno, alle cementazioni naturali, all'azione di microrganismi, essere antinquinanti ed isotropi. Dovranno essere forniti in rotoli di larghezza la più ampia possibile in relazione alle modalità di impiego. Il materiale dovrà essere qualificato prima dell'impiego mediante le seguenti prove:

-	campionatura (per N deve intendersi il rotolo o la pezza)	UNI 8279/1
-	peso, in g/m²	UNI 5114
-	spessore, in mm	UNI 8279/2
-	resistenza a trazione su striscia di 5 cm, in N	UNI 8639
-	allungamento, in %	UNI 8639
-	lacerazione, in N	UNI 8279/9
-	resistenza alla perforazione con il metodo della sfera, in MPa	UNI 8279/11
-	punzonamento, in N	UNI 8279/14
-	permeabilità radiale all'acqua, in cm/s	UNI 8279/13
-	comportamento nei confronti di batteri e funghi	UNI 8986
-	diametro di filtrazione, espresso in µm, corrispondente a quello del 95% in peso degli elementi di terreno che hanno attraversato il geotessile, determinato mediante filtrazione idrodinamica.	

25) **Tubazioni in PVC**: in cloruro di polivinile rigido serie pesante, dei tipi 302, 303/1 e 303/2, secondo le vigenti Norme UNI, con giunti a bicchiere muniti di guarnizione di gomma. Ogni tubo dovrà portare impresso, in modo evidente, leggibile ed indelebile, il nominativo del produttore, il diametro nominale, l'indicazione del tipo; dovrà essere munito inoltre del marchio di conformità alle Norme UNI rilasciato dall'Istituto italiano dei plastici.

26) **Materiali per opere in verde:**

26_1) *Terreno vegetale*: il materiale da impiegarsi per il rivestimento delle scarpate di rilevato, per la formazione delle banchine laterali per il ricarico, la livellazione e la ripresa di aree comunque destinate a verde, dovrà essere terreno vegetale, proveniente da scotico di terreno a destinazione agraria da prelevarsi fino alla profondità massima di 1,00 m. Qualora il prelevamento della terra sia fatto da terreni naturali non coltivati, la profondità di prelevamento sarà limitata al primo strato di suolo esplorato dalle radici delle specie a portamento erbaceo, ossia a quello spessore ove la presenza di humus e le caratteristiche fisico-microbiologiche del terreno permettono la normale vita dei vegetali, ma in ogni caso non superiore a 50 cm. L'Impresa, prima di effettuare il prelevamento della terra, dovrà darne comunicazione alla Direzione dei Lavori. La stessa eventualmente potrà richiedere un prelievo di campioni in contraddittorio, per le analisi di idoneità del materiale, da effettuarsi presso una stazione di chimica agraria riconosciuta, a cura e spese dell'Impresa.

26_2) *Concimi*: i concimi minerali semplici o complessi usati per la concimazione di fondo od in copertura dovranno essere di marca nota sul mercato nazionale, avere titolo dichiarato ed essere conservati negli involucri originali di fabbrica.

26_3) *Materiale vivaistico:* L'Impresa deve dichiararne la provenienza e la Direzione Lavori potrà accettare il materiale, previa visita ai vivai che devono essere dislocati in zone limitrofe o comunque assimilabili.

Le piantine e talee dovranno essere comunque immuni da qualsiasi malattia parassitaria.

26_4) *Sementi:* l'Impresa dovrà fornire sementi di ottima qualità e rispondenti esattamente a genere e specie richiesta, sempre nelle confezioni originali sigillate munite di certificato di identità ed autenticità con l'indicazione del grado di purezza e di germinabilità e della data di scadenza stabiliti dalle leggi vigenti. Per evitare che possano alterarsi o deteriorarsi, le sementi devono essere immagazzinate in locali freschi, ben aerati e privi di umidità. Per il prelievo dei campioni di controllo, valgono le norme dell'art. 1. Per ulteriori approfondimenti, riguardanti tutti i materiali per opere in verde, si fa riferimento a quanto riportato nell'articolo specifico per l'esecuzione dei lavori.

26_5) *Zolle*: queste dovranno provenire dallo scoticamento di vecchio prato polifita stabile asciutto, con assoluta esclusione del prato irriguo e del prato marcitoio. Prima del trasporto a piè d'opera delle zolle, l'Impresa dovrà comunicare alla Direzione Lavori i luoghi di provenienza delle zolle stesse e ottenere il preventivo benestare all'impiego. La composizione floristica della zolla dovrà risultare da un insieme giustamente equilibrato di specie leguminose e graminacee; sarà tollerata la presenza di specie non foraggere ed in particolare della Achillea millefolium, della Plantago sp.pl., della Salvia pratensis, della Bellis perennis, del Ranunculus sp.pl., mentre dovranno in ogni caso essere escluse le zolle con la presenza di erbe particolarmente infestanti fra cui Rumex sp.pl., Artemisia sp.pl., Catex sp.pl. e tutte le Umbrellifere. La zolla dovrà presentarsi completamente rivestita dalla popolazione vegetale e non dovrà presentare soluzioni di continuità. Lo spessore della stessa dovrà essere tale da poter raccogliere la maggior parte dell'intrico di radici delle erbe che la costituiscono e poter trattenere tutta la terra vegetale e comunque non inferiore a cm 8; a tal fine non saranno ammesse zolle ricavate da prati cresciuti su terreni sabbiosi o comunque sciolti, ma dovranno derivare da prati coltivati su terreno di medio impasto o di impasto pesante, con esclusione dei terreni argillosi.

26_6) *Paletti di castagno per ancoraggio viminate*: dovranno provenire da ceduo castanile e dovranno presentarsi ben diritti, senza nodi, difetti da gelo, cipollature o spaccature. Avranno il diametro minimo in punta di cm 6.

26_7) *Verghe di salice*: le verghe di salice da impiegarsi nell'intreccio delle viminate dovranno risultare di taglio fresco, in modo che sia garantito il ricaccio di polloni e dovranno essere della specie Salix viminalis o Salix purpurea. Esse avranno la lunghezza massima possibile con diametro massimo di cm. 2,5.

26_8) *Talee di salice*: le talee di salice, da infiggere nel terreno per la formazione dello scheletro delle graticciate, dovranno parimenti risultare allo stato verde e di taglio fresco, tale da garantire il ripollonamento, con diametro minimo di cm 2. Esse dovranno essere della specie Salix purpurea e Salix viminalis oppure delle specie e degli ibridi spontanei della zona, fra cui Salix daphnoides, Salix incana, Salix pentandra, Salix fragilis, Salix alba, ecc. e potranno essere anche di Populus alba o Alnus glutinosa.

26_9) *Rete metallica*: sarà del tipo normalmente usato per gabbioni, formata da filo di ferro zincato a zincatura forte, con dimensioni di filo e di maglia indicate dalla Direzione dei Lavori.

I materiali da impiegare nelle lavorazioni sopra indicate dovranno essere sottoposti dalla Direzione Lavori, prima del loro impiego, alle verifiche e prove di laboratorio, per accertarne l'idoneità in relazione alle particolari utilizzazioni previste. Dopo che la Direzione Lavori avrà espresso il proprio benestare sulla base dei risultati delle prove di laboratorio, il materiale potrà essere impiegato nella produzione, fermo restando che l'Impresa stessa sarà responsabile, a tutti gli effetti della rispondenza alle specifiche norme contrattuali. Gli oneri per prove e verifiche di idoneità sono a totale ed esclusivo carico dell'Impresa.

PARTE II

4. NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

4.1. PREMESSA

L'Impresa dovrà eseguire le opere in ottemperanza alle Leggi, ai regolamenti vigenti ed alle prescrizioni degli enti competenti in materia di Lavori Pubblici, con particolare riferimento a quanto di seguito sottoelencato:

Pertanto, fermo restando ogni altra responsabilità dell'Impresa a termini di legge, essa rimane unica e completa responsabile dell'esecuzione delle opere. Con cadenza giornaliera e con un anticipo minimo di 24 (ventiquattro) ore, rispetto allo svolgersi delle lavorazioni, l'Impresa dovrà comunicare in forma scritta (tramite telefax) alla Direzione Lavori, quali di queste ultime intenderà intraprendere. 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 di cambiamenti a questo apportati, la Direzione Lavori potrà procedere alla verifica ed al controllo di quanto eseguito tramite i mezzi di indagine (distruttivi e non distruttivi) che di volta in volta riterrà più opportuni. Gli oneri per l'esecuzione di ogni controllo supplementare saranno a totale carico dell'Impresa.

La conformità a quanto previsto dal progetto, sarà sancita dalla redazione di un apposito verbale di constatazione, firmato dal Direttore dei Lavori o in sua vece dal Responsabile del Controllo Qualità Materiali, da lui incaricato e dal Direttore Tecnico dell'Impresa: il verbale riporterà, oltre ai dati identificativi della lavorazione, i tipi e la quantità dei controlli eseguiti.

Le presenti Norme Tecniche determinano in modo prioritario le modalità esecutive, i materiali, le lavorazioni; in altre parole, nel caso di discrepanze e difformità tra Norma Tecnica e descrizione delle lavorazioni contenuta nell'Elenco Prezzi, dovrà essere seguito, obbligatoriamente, quanto previsto nelle Norme Tecniche.

4.2. SONDAGGI E TRACCIATI

Subito dopo la consegna dei lavori e prima di dare inizio alle opere, l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, d'intesa con la Direzione Lavori, all'esecuzione di saggi, sondaggi e prove di laboratorio per una completa verifica della natura e delle caratteristiche del sottosuolo.

Prima di porre mano ai lavori di sterro e riporto, l'Impresa è obbligata ad eseguire la picchettazione completa del lavoro, in modo che risultino indicati i limiti degli scavi e dei riporti, in base alla larghezza del piano autostradale, all'inclinazione delle scarpate, alla formazione delle cunette.

A suo tempo dovrà pure installare, nei tratti che indicherà la Direzione Lavori, le modine o garbe necessarie a determinare con precisione l'andamento delle scarpate, tanto degli sterri che dei rilevati, curandone poi la conservazione e rimettendo quelle manomesse durante l'esecuzione dei lavori.

Qualora ai lavori in terra siano connesse opere murarie, l'Impresa dovrà procedere al tracciamento di esse, con l'obbligo della conservazione dei picchetti, ed eventualmente delle modine, come per i lavori in terra.

4.3. SCAVI

4.3.1. Norme generali

Si definisce scavo ogni movimentazione di masse di terreno dal sito originario finalizzata all'impianto di opere costituenti il nastro stradale e le sue pertinenze, quali:

- impianti di rilevati;
- impianti di opere d'arte;
- cunette, accessi, passaggi e rampe, etc.

Gli scavi si distinguono in :

- scavi di sbancamento;
- scavi di fondazione.

Gli scavi potranno essere eseguiti a mano, con mezzi meccanici. Nella esecuzione dei lavori di scavo l'Impresa dovrà scrupolosamente rispettare le prescrizioni assumendosene l'onere, e farsi carico degli oneri di seguito elencati a titolo descrittivo e non limitativo:

a) Profilare le scarpate degli scavi con inclinazioni appropriate in relazione alla natura ed alle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno, la cui stabilità dovrà essere accertata con apposite verifiche geotecniche a carico dell'Impresa. Rifinire il fondo e le pareti dello scavo non provvisionale secondo quote e pendenze di progetto. Se il fondo degli scavi risultasse smosso, l'Impresa compatterà detto fondo fino ad ottenere una compattazione pari al 95% della massima massa volumica del secco ottenibile in laboratorio (Prova di compattazione AASHO modificata) (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972). Se negli scavi si superano i limiti assegnati dal progetto, non si terrà conto del maggior lavoro eseguito e l'Impresa dovrà, a sua cura e spese, ripristinare i volumi scavati in più, utilizzando materiali idonei.

b) al taglio delle piante, all'estirpazione delle ceppaie, radici, arbusti e l'eventuale loro trasporto in aree apposite;

c) all'eventuale demolizione di massicciate stradali esistenti.

d) l'Impresa dovrà assicurare in ogni caso il regolare smaltimento e deflusso delle acque nonché gli esaurimenti, compresi gli oneri per il loro trattamento secondo le vigenti norme di legge.

e) Eseguire, ove previsto dai documenti di progetto e/o richiesto dalla D.L., scavi campione con prelievo di saggi e/o effettuazione di prove ed analisi per la definizione delle caratteristiche geotecniche (a totale carico dell'impresa).

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

g) Provvedere, a proprie cure e spese, con qualsiasi sistema (paratie, palancolate, sbadacchiature, puntellamenti, armature a cassa chiusa, etc.), al contenimento delle pareti degli scavi, in accordo a quanto prescritto dai documenti di progetto, ed in conformità alle norme di sicurezza e compensate con i prezzi relativi (sicurezza).

h) Adottare tutte le cautele necessarie (indagini preliminari, sondaggi, scavi campione, 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 provvisoriamente deviate.

i) 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 la D.L. potrà richiedere all'Impresa di rimettere a nudo le parti occultate, senza che questa abbia diritto al riconoscimento di alcun maggior onere o compenso.

l) I materiali provenienti dagli scavi, in genere, dovranno essere reimpiegati nella formazione dei rilevati o di altre opere in terra. Il reimpiego sarà subordinato all'esito di prove di idoneità, eseguite a cura dell'Impresa , e sotto il controllo della D.L.. I materiali ritenuti idonei dovranno essere trasportati, a cura e spese dell'Impresa, al reimpiego o, ove necessario, in aree di deposito e custoditi opportunamente. Se necessario saranno trattati per ridurli alle dimensioni prescritte dalle presenti norme secondo necessità, ripresi e trasportati nelle zone di utilizzo.

I materiali che invece risulteranno non idonei al reimpiego, dovranno essere trasportati, a cura e spesa dell'Impresa, a rifiuto nelle discariche indicate in progetto o individuate in corso d'opera, qualunque sia la distanza, dietro formale autorizzazione della D.L. (ordine di servizio), fatte salve le vigenti norme di legge e le autorizzazioni necessarie da parte degli Enti preposti alla tutela del territorio e dell'ambiente, fermo restando che all'Impresa verrà riconosciuto un sovrapprezzo per il trasporto del materiale a discarica per distanze superiori ai 5 km, misurati per il percorso stradale più breve dal punto più vicino del cantiere come da voce di Elenco Prezzi.

L'Impresa, a sua cura e spesa, dovrà ottenere la disponibilità delle aree di discarica e/o di deposito, dei loro accessi, e dovrà provvedere alle relative indennità, nonché alla sistemazione e alla regolarizzazione superficiale dei materiali di discarica secondo quanto previsto in progetto e/o prescritto dall'Ente Concedente la discarica. Per i materiali ritenuti idonei ma in esubero rispetto alla quantità occorrente per la formazione dei rilevati, la D.L. a suo insindacabile giudizio, potrà ordinare all'Impresa di accantonare i materiali provenienti della escavazione delle gallerie o dagli scavi di sbancamento, su apposite aree per il loro riutilizzo, anche su altri lotti contigui, senza che l'Impresa possa pretendere nulla, rimanendo a carico dell'Amministrazione le relative indennità di occupazione temporanea ed all'Impresa la sistemazione e la regolarizzazione superficiale dei materiali.

Naturalmente qualora il sito, da adibire a deposito temporaneo, sia concordemente individuato con la D.L. a distanza superiore ai 5 km, le maggiori distanze verranno compensate con l'apposita voce di Elenco Prezzi.

4.3.2. Scavi di sbancamento

Sono così denominati gli scavi occorrenti per la formazione del sedime d'imposta dei fabbricati, l'apertura della sede autostradale, dei piazzali e delle opere accessorie, portati a finitura secondo i tipi di progetto; gli scavi per le gradonature di ancoraggio dei rilevati, previste per terreni con pendenza superiore al 20%; la bonifica del piano di posa; lo spianamento del terreno, l'impianto di opere d'arte, il taglio delle scarpate delle trincee o di rilevati; la formazione o approfondimento di cunette, di fossi e di canali.

4.3.3. Scavi di fondazione

Per scavi di fondazione si 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.

Al termine del ripristino dei piani d'imposta, salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate dalla necessità di garantire maggiore stabilità alla fondazione, il modulo di deformazione Md al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm), dovrà risultare non inferiore a 40 MPa nell'intervallo tra 1,5÷2,5 daN/cm².

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.

È vietato all'Impresa, sotto pena di demolire il già fatto, di porre mano alle murature o ai getti prima che la Direzione Lavori abbia verificato ed accettato i piani delle fondazioni. L'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese al riempimento, con materiali idonei, dei vuoti residui degli scavi di fondazione intorno alle murature ed al loro costipamento fino alla quota prevista. Per gli scavi a sezione obbligata, necessari per la collocazione di tubazioni, l'Impresa dovrà provvedere al rinterro, con materiali idonei, sopra le condotte e le fognature. Per gli scavi di fondazione si applicheranno le norme previste dal D.M. 11/3/1988 (Suppl. ord. alla G.U. 1/6/1988 n.127) e successivi aggiornamenti.

4.3.4. Scavi subacquei

Gli scavi di fondazione sono considerati subacquei, solo se eseguiti a profondità maggiore di 20 cm sotto il livello costante a cui si stabilizzano le acque eventualmente esistenti nel terreno.

Gli esaurimenti d'acqua dovranno essere eseguiti con i mezzi più opportuni per mantenere costantemente asciutto il fondo dello scavo e tali mezzi dovranno essere sempre in perfetta efficienza, nel numero e con le portate e le prevalenze necessarie e sufficienti per garantire la continuità del prosciugamento.

Resta comunque inteso che, nell'esecuzione di tutti gli scavi, l'Impresa dovrà provvedere, di sua iniziativa ed a sua cura e spese:

- ad assicurare il naturale deflusso delle acque che si riscontrassero scorrenti sulla superficie del terreno, allo scopo di evitare che esse si versino negli scavi;
- a togliere ogni impedimento o ogni causa di rigurgito, che si opponesse così al regolare deflusso delle acque, anche ricorrendo all'apertura di canali fugatori;
- agli adempimenti previsti dalle vigenti leggi (Legge n. 319 del 10/05/1976 e successivi aggiornamenti ed integrazioni, leggi regionali emanate in applicazione della citata legge) in ordine alla tutela delle acque dall'inquinamento; all'espletamento delle pratiche per l'autorizzazione allo scarico nonché agli oneri per l'eventuale trattamento delle acque.

4.4. DEMOLIZIONI E RIMOZIONI

4.4.1. Demolizione di murature e fabbricati

Le demolizioni di fabbricati e di murature di qualsiasi genere (armate e non, in precompresso), ponti, viadotti ad arco e non, cavalcavia, scatolari ecc., potranno essere integrali o in porzioni a sezione obbligata, eseguite in qualsiasi dimensione anche in breccia, entro e fuori terra, a qualsiasi altezza.

Verranno impiegati i mezzi previsti dal progetto e/o ritenuti idonei dalla Direzione Lavori:

- scalpellatura a mano o meccanica;
- martello demolitore; o clipper
- attrezzature di taglio ad utensili diamantati;
- agenti demolitori non esplosivi ad azione chimica con espansione lenta e senza propagazione dell'onda d'urto.

Le demolizioni dovranno essere eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni in modo da prevenire qualsiasi infortunio al personale addetto, evitando inoltre tassativamente di gettare dall'alto i materiali i quali dovranno invece essere trasportati o guidati in basso.

Inoltre l'Impresa dovrà prevedere, a sua cura e spese, a adottare tutti gli accorgimenti tecnici per puntellare e sbatacchiare le parti pericolanti e tutte le

cautele al fine di non danneggiare le strutture sottostanti e le proprietà di terzi.

L'Impresa sarà pertanto responsabile di tutti i danni che una cattiva conduzione nelle operazioni di demolizioni potessero arrecare alle persone, alle opere e cose, anche di terzi.

Nel caso di demolizioni parziali potrà essere richiesto il trattamento con il getto di vapore a 373 K ed una pressione di 0,7÷0,8 MPa per ottenere superfici di attacco pulite e pronte a ricevere i nuovi getti; i ferri dovranno essere tagliati, sabbiati e risagomati secondo le disposizioni progettuali.

Per le demolizioni da eseguirsi su autostrada in esercizio, l'Impresa dovrà adottare anche tutte le precauzioni e cautele atte ad evitare ogni possibile danno all'utenza e concordare con la Direzione di Tronco, tramite la Direzione Lavori, le eventuali esclusioni di traffico che potranno avvenire anche in ore notturne e in giorni determinati.

In particolare, la demolizione delle travi di impalcati di opere d'arte o di impalcati di cavalcavia anche a struttura mista, su autostrade in esercizio, dovrà essere eseguita fuori opera, previa separazione dalle strutture esistenti, sollevamento, rimozione e trasporto di tali porzioni in apposite aree entro le quali potranno avvenire le demolizioni.

I materiali di risulta saranno ceduti all'Impresa la quale potrà reimpiegare quelli ritenuti idonei dalla Direzione Lavori fermo restando l'obbligo di allontanare e trasportare a discarica quelli rifiutati.

4.4.2. Idrodemolizioni

L'idrodemolizione di strati di conglomerato cementizio su strutture di ponti e viadotti dovrà essere effettuata con l'impiego di idonee attrezzature atte ad assicurare getti d'acqua a pressione modulabile fino a 1500 bar, con portate fino a 300 l/min, regolabili per quanto attiene la velocità operativa.

Gli interventi dovranno risultare selettivi ed asportare gli strati di conglomerato degradati senza intaccare quelli aventi resistenza uguale o superiore alla minima indicata in progetto.

L'Impresa dovrà provvedere all'approvvigionamento dell'acqua occorrente per la demolizione del materiale e la pulizia della superficie risultante.

Le attrezzature impiegate dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione Lavori; dovranno essere dotate di sistemi automatici di comando e controllo a distanza, nonché di idonei sistemi di sicurezza contro la proiezione del materiale demolito, dovendo operare anche in presenza di traffico.

Dovranno rispondere inoltre alle vigenti norme di Legge in materia antinfortunistica, alle quali l'Impresa dovrà uniformarsi in sede operativa.

4.4.3. Demolizione di pavimentazione totale o parziale di strati in conglomerato bituminoso realizzato con frese

La demolizione della parte della sovrastruttura legata a bitume per l'intero spessore o parte di esso deve essere effettuata con idonee attrezzature munite di frese a tamburo funzionanti a freddo, munite di nastro caricatore per il carico del materiale di risulta; su parere della Direzione Lavori potranno essere impiegate fresatrici a sistema misto (preriscaldamento leggero), purché non compromettano il legante esistente nella pavimentazione da demolire.

Le attrezzature tutte devono essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla Direzione Lavori; devono inoltre avere caratteristiche tali che il materiale risultante dall'azione di scarifica risulti idoneo a giudizio della Direzione Lavori per il reimpiego nella confezione di nuovi conglomerati.

La superficie del cavo (nel caso di demolizioni parziali del pacchetto) deve risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati che possono compromettere l'aderenza dei nuovi tappeti da porre in opera.

L'Impresa si deve scrupolosamente attenere agli spessori di demolizione definiti dal progetto. Qualora questi dovessero risultare inadeguati a contingenti situazioni in essere e comunque diversi per difetto o per eccesso rispetto all'ordinativo di lavoro, l'Impresa è tenuta a darne immediata comunicazione al Direttore dei Lavori o ad un suo incaricato che potranno autorizzare la modifica delle quote di scarifica.

Il rilievo dei nuovi spessori deve essere effettuato in contraddittorio.

Lo spessore della demolizione deve essere mantenuto costante in tutti i punti e deve essere valutato mediando l'altezza delle due pareti laterali con quella della parte centrale del cavo.

La pulizia del piano di scarifica, nel caso di fresature corticali o subcorticali deve essere eseguita con attrezzature approvate dalla Direzione Lavori munite di spazzole e dispositivi aspiranti, in grado di dare un piano depolverizzato, perfettamente pulito.

Se la demolizione dello strato legato a bitume interessa uno spessore inferiore ai 15 cm potrà essere effettuata con un solo passaggio di fresa, mentre per spessori superiori a 15 cm si devono effettuare due passaggi di cui il primo pari ad 1/3 dello spessore totale avendo cura di formare un gradino tra il primo ed il secondo strato demolito di almeno 10 cm di base per lato.

Le pareti dei giunti longitudinali devono risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e prive di sgretolature.

Sia la superficie risultante dalla fresatura che le pareti del cavo devono, prima della posa in opera dei nuovi strati di riempimento, risultare perfettamente

pulite, asciutte e uniformemente rivestite dalla mano di attacco di legante bituminoso tal quale o modificato.

4.4.4. Demolizione dell'intera sovrastruttura realizzata con sistemi tradizionali

La demolizione dell'intera sovrastruttura può anche essere eseguita con impiego di attrezzature tradizionali quali escavatori, pale meccaniche, martelli demolitori ecc. a discrezione della Direzione Lavori ed a suo insindacabile giudizio.

Le pareti verticali dello scavo devono essere perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e privo di sgretolature.

Eventuali danni causati dall'azione dei mezzi sulla parte di pavimentazione da non demolire devono essere riparati a cura e spese dell'Impresa. L'Impresa è inoltre tenuta a regolarizzare e compattare il piano di posa della pavimentazione demolita nel caso che non si proceda alla stesa del misto granulometricamente stabilizzato.

4.4.5. Rimozioni

Per rimozione s'intende:
- smontaggio di recinzione costituita da rete metallica e relativi montanti;
- smontaggio di sicurvia di qualunque tipo, con montanti infissi in terra o in pavimentazione;
- smontaggio completo di pensilina di stazione costituita da struttura portante in acciaio (travi, pilastri, ecc.), di qualsiasi sezione e dimensione, anche composta a traliccio, copertura, controsoffittatura, mantovane e converse in alluminio o acciaio.
  Compreso lo smontaggio dell'orditura di fissaggio della copertura e della controsoffittatura, la rimozione dei semafori e delle plafoniere, lo smantellamento degli impianti elettrici e di scarico acque, ecc., il carico, il trasporto e lo scarico a deposito nei luoghi indicati dalla Direzione Lavori dei materiali riutilizzabili ed a rifiuto di quelli non riutilizzabili;
- rimozione del timpano metallico dell'esistente pensilina di stazione con i necessari adattamenti;
- rimozione di box o baracche prefabbricate in lamiera, compresa la demolizione degli ancoraggi ed opere accessorie tutte; rimozione di tettoie per parcheggi in lamiera, compresa la rimozione dei montanti;
- rimozione completa di tettoia parcheggio auto costituita da pilastri-trave di acciaio e manto di copertura, comunque inclinato, in lastre metalliche, compresa la rimozione dell'orditura di fissaggio;
- rimozione delle lastre di copertura in cemento con fibre di amianto (classificate rifiuto speciale non T/N, conferibile in discarica di seconda categoria tipo B e/o tipo A), previa bagnatura con soluzione fissativa atta ad evitare qualsiasi dispersione in aria e/o suolo delle fibre, mediante loro sollevamento dopo che tutti gli ancoraggi saranno stati tagliati con attrezzi manuali.
  Compreso il loro confezionamento a terra in bancali; l'imballo con nylon di adeguato spessore ed il posizionamento presso la zona di accumulo temporaneo all'interno del cantiere, nell'attesa di invio a discarica autorizzata di seconda categoria; la raccolta e l'imballo di tutto il materiale a perdere utilizzato nella zona di lavoro; la delimitazione del cantiere con idonea segnaletica a distanza di sicurezza in modo da consentire l'accesso all'area soltanto al personale autorizzato ed adeguatamente equipaggiato, oltre alle attrezzature di cantiere; la pulizia dell'area di cantiere e dei canali di gronda, utilizzando un aspiratore a filtro assoluto; il trasporto e lo smaltimento in discarica autorizzata;
- rimozione di serramenti di porte e finestre di qualsiasi tipo, l'asportazione di telai e controtelai.

Nelle rimozioni sopra elencate sono compresi gli oneri, per il trasporto del materiale di risulta fuori delle pertinenze autostradali ed il trasporto dei materiali di recupero, che restano di proprietà della Società, nei depositi che saranno indicati dalla Direzione Lavori.

4.5. RINTERRI E/O BONIFICHE

Per rinterri si intendono i lavori di:

- *bonifica*: di zone di terreno non idoneo, al disotto del piano di posa di manufatti e rilevati, effettuata mediante sostituzione dei terreni esistenti con materiale idoneo;
- *riempimento*: di scavi relativi a fondazioni, trincee, cunicoli, pozzetti, etc. eseguiti in presenza di manufatti;
- *sistemazione superficiale*: eseguita con o senza apporto di materiale.

4.5.1. Bonifica

La bonifica del terreno di appoggio del rilevato, nell'accezione più generale, dovrà essere eseguita in conformità alle previsioni di progetto, ed ogni qualvolta nel corso dei lavori si dovessero trovare zone di terreno non idoneo e/o comunque non conforme alle specifiche di progetto.

Pertanto il terreno in sito, per la parte di scadenti caratteristiche meccaniche o contenente notevoli quantità di sostanze organiche, dovrà essere sostituito con materiale selezionato appartenente ai gruppi (CNR-UNI 10006):

- A_1, A_3 se proveniente da cave di prestito; nel caso in cui il materiale appartenga al gruppo A_3, deve presentare un coefficiente di uniformità (D_{60}/D_{10}) maggiore o uguale a 7;
- A_1, A_{2-4}, A_{2-5}, A_3, se proveniente dagli scavi; il materiale appartenente al gruppo A_3 deve presentare un coefficiente di uniformità (D_{60}/D_{10}) maggiore o uguale a 7;

Il materiale dovrà essere messo in opera a strati di spessore non superiore a 50 cm (materiale sciolto) e compattato fino a raggiungere il 95% della massa volumica del secco massima ottenuta attraverso la prova di compattazione AASHO modificata (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972).

Per il materiale dei gruppi A_{2-4} e A_{2-5}, gli strati dovranno avere spessore non superiore a 30 cm (materiale sciolto).

Il modulo di deformazione dovrà risultare non inferiore a 20 MPa (nell'intervallo di carico compreso tra 0.05 e 0.15 N/mm^2)

Nel caso in cui la bonifica di zone di terreno debba essere eseguita in presenza d'acqua, l'Impresa dovrà provvedere ai necessari emungimenti per mantenere costantemente asciutta la zona di scavo da bonificare fino ad ultimazione dell'attività stessa.

4.5.2. Rinterri

Per il rinterro degli scavi relativi a fondazioni e manufatti in calcestruzzo dovrà utilizzarsi materiale selezionato appartenente esclusivamente ai gruppi A_1 ed A_3 (UNI-CNR 10006) opportunamente compattato; il materiale appartenente al gruppo A_3 dovrà presentare un coefficiente di uniformità (D_{60}/D_{10}) maggiore o uguale a 7;

Il rinterro di scavi relativi a tubazioni interrate e cavi elettrici sarà effettuato con materiali sabbiosi (o comunque con materiali che durante l'operazione di rinterro non danneggino dette installazioni).

In linea di massima i materiali da utilizzare in detti rinterri saranno specificati sui disegni costruttivi.

4.5.3. Sistemazione superficiale

La sistemazione delle aree superficiali dovrà essere effettuata con materiali selezionati appartenenti esclusivamente ai gruppi A_1 ed A_3 (UNI-CNR 10006), , con spandimento a strati opportunamente compattato fino a raggiungere il 95% della massa volumica del secco massima ottenuta con energia AASHO modificata (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972), procedendo alla regolarizzazione delle pendenze secondo le indicazioni del progetto. Il materiale appartenente al gruppo A_3 dovrà presentare un coeff. di uniformità (D_{60}/D_{10}) maggiore o uguale a 7.

4.6. RILEVATI

4.6.1. Definizione

Si definiscono con il termine di rilevati tutte quelle opere in terra destinate a formare il corpo stradale, le opere di presidio, i piazzali nonché il piano d'imposta delle pavimentazioni.

Le caratteristiche geometriche, la natura e le proprietà fisico meccaniche dei materiali che costituiscono il corpo del rilevato sono quelle indicate dal Progettista.

Nel caso in cui l'Impresa non dovesse reperire i materiali previsti, potrà proporre alla Direzione Lavori soluzioni alternative che dovranno essere verificate ed accettate, d'intesa col Progettista.

Resta inteso che l'Impresa dovrà sottoporre alla preventiva approvazione della Direzione Lavori un progetto di dettaglio ad integrazione e conforto del progetto esecutivo nel quale dovrà indicare la natura e le proprietà fisico meccaniche dei materiali che intende adottare, le modalità esecutive, le sequenze cronologiche degli interventi.

Dovrà fornire inoltre una serie di verifiche di stabilità a breve e lungo termine relative al rilevato e al complesso rilevato terreno di fondazione; dovrà altresì verificare il cedimento totale e differenziale del piano di imposta indicando il decorso dello stesso nel tempo.

L'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, eseguirà, a sua cura e spese, sondaggi geotecnici, pozzetti esplorativi, prove penetrometriche statiche e/o dinamiche, prove di carico su piastra e qualsiasi altra indagine aggiuntiva (prove geofisiche, etc), atte a verificare con sufficiente dettaglio che le caratteristiche locali stratigrafiche, idrogeologiche e fisico-meccaniche dei terreni di sedime siano conformi alle previsioni di progetto.

Salvo controindicazioni della Direzione Lavori i punti di indagine saranno posti ad intervalli di almeno 100 m e le indagini saranno spinte ad una profondità almeno pari alla metà della larghezza del piano di posa del rilevato.

4.6.2. Materiali per la formazione di rilevati

4.6.2.1 Provenienza dei materiali

Qualora le leggi regionali lo prescrivano, la Società provvederà ad ottenere dagli Enti competenti il benestare necessario alla coltivazione delle cave e l'Impresa dovrà utilizzare i materiali provenienti dalle cave indicate in progetto; ove non previsto quest'ultima potrà aprire cave di prestito ovunque lo riterrà di sua convenienza, subordinatamente alle vigenti disposizioni di Legge, all'idoneità dei materiali da utilizzare per la formazione dei rilevati, nonché all'osservanza di eventuali disposizioni della Direzione Lavori.

Prima di impiegare i materiali provenienti dagli scavi o dalle cave di prestito, l'Impresa dovrà esperire una campagna di indagini corredata di tutte le opportune prove di laboratorio, atta a fornire alla Direzione Lavori un'esauriente documentazione in merito alle caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali al fine di ottenere l'idoneità all'utilizzo dei singoli materiali.

Per ogni zona di provenienza l'Impresa dovrà altresì eseguire un adeguato numero di sondaggi (almeno 1 sondaggio e/o pozzetto ogni 20.000 m³).

L'Impresa dovrà sottoporre alla preventiva approvazione della Direzione Lavori il programma di coltivazione delle cave e delle eventuali fasi di lavorazione successive, quali vagliatura, frantumazione e miscelazione atte a conferire ai materiali le caratteristiche di idoneità previste dalle Norme Tecniche.

Laddove sarà previsto l'impiego di smarino di galleria o di materiali provenienti da scavo in roccia, la stesa a rilevato sarà autorizzata soltanto dopo il prelievo di campioni e il favorevole esito delle prove di laboratorio; l'Impresa provvederà inoltre, a sua cura e spese, all'eventuale frantumazione e vagliatura del materiale stesso, al fine di ridurlo ad idonea pezzatura.

Prima di avviare la coltivazione delle cave di prestito o dell'impiego a rilevato dei materiali da scavo, dovranno essere asportate le eventuali coltri vegetali, sostanze organiche, rifiuti e rimossi tutti quegli agenti che possono provocare la contaminazione del materiale durante la coltivazione.

Le cave di prestito, da aprirsi a totale cura e spese dell'Impresa, dovranno essere coltivate nel rispetto delle vigenti norme di Legge, secondo le previsioni di progetto ed in modo che, tanto durante la cavatura che a cavatura ultimata, non si abbiano a verificare condizioni pregiudizievoli per la salute e l'incolumità pubblica.

Le stesse condizioni di sicurezza dovranno essere garantite per le eventuali aree di stoccaggio e/o di lavorazione di cui, a sua cura e spese, l'Impresa dovesse avvalersi.

4.6.2.2 Prove di controllo dei materiali

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- analisi granulometrica (almeno una ogni 20.000 m³ di materiale);
- determinazione del contenuto naturale d'acqua (almeno una ogni 20.000 m³ di materiale);
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332 (almeno una ogni 40.000 m³ di materiale);
- prova di compattazione AASHTO Mod. T/180-57 (almeno una ogni 40.000 m³ di materiale) ed esecuzione eventuale di:
  - analisi granulometrica sui materiali impiegati nella prova di compattazione, prima e dopo la prova stessa limitatamente a quei materiali per i quali è sospetta la presenza di componenti instabili;
  - prova edometrica limitatamente ai materiali coesivi e semicoesivi prelevati dal campione dopo l'esecuzione della prova AASHTO Mod. T/180-57 e compattati al 95% della densità massima (±2%).

Il prelievo dei campioni sarà effettuato in contraddittorio con la Direzione Lavori la quale provvederà ad indicare il nominativo del laboratorio (o dei laboratori) presso il quale l'Impresa provvederà a far eseguire a sua cura e spese, sotto il controllo della medesima, le prove richieste.

4.6.2.3 Autorizzazioni

Prima di essere autorizzata ad iniziare la costruzione dei rilevati, l'Impresa, in relazione a quanto previsto dalle leggi regionali, dovrà sottoporre alla Direzione Lavori la seguente documentazione:

- Benestare degli Enti eventualmente competenti ad autorizzare la coltivazione della cava;
- Una mappa dell'area di cava in scala 1:1000 - 1:2000 indicante l'ubicazione dei saggi esplorativi;
- Una relazione completa delle prove di laboratorio eseguite tanto per i materiali da cave che dagli scavi;
- Il programma di coltivazione delle cave e delle eventuali fasi di lavorazione successive;
- Progetti di ripristino ambientale in accordo con le normative e Leggi vigenti.

4.6.3. Preparazione del piano di posa dei rilevati

4.6.3.1 Scotico, bonifica e gradonature

Per la preparazione del piano di posa dei rilevati l'Impresa dovrà provvedere innanzitutto al taglio delle piante e all'estirpazione delle ceppaie, radici, arbusti ecc. e al loro sistematico ed immediato allontanamento a discarica.

Sarà di seguito eseguita la totale asportazione del terreno vegetale sottostante l'impronta del rilevato per la profondità stabilita in progetto in accordo con le risultanze delle indagini di cui ai precedenti articoli e secondo le direttive impartite dal Direttore dei Lavori. L'Impresa provvederà a far sì che il piano di posa dei rilevati sia il più possibile regolare, privo di bruschi avvallamenti e tale da evitare il ristagno di acque piovane.

Il piano di posa dei rilevati dovrà essere approvato previa ispezione e controllo da parte della Direzione Lavori; in quella sede la Direzione Lavori potrà richiedere ulteriori scavi di sbancamento per bonificare eventuali strati di materiali coesivi, teneri o torbosi, in accordo con il Progettista, o per l'asportazione dei materiali rimaneggiati o rammolliti per negligenza da parte dell'Impresa.

Laddove una maggiorazione di scavo sarà da imputarsi ad errori topografici, alla necessità di asportare quei materiali rimaneggiati o rammolliti per negligenza dell'Impresa o a bonifiche non preventivamente autorizzate dalla Direzione Lavori, l'Impresa eseguirà detti scavi e il relativo riempimento con idonei materiali, a sua cura e spese.

Il materiale proveniente dallo scavo di preparazione del piano di posa dei rilevati e dallo scavo di sbancamento per bonifica potrà essere reimpiegato se ritenuto idoneo nella sistemazione a verde delle scarpate; quello in eccesso dovrà essere immediatamente rimosso e portato nelle zone di discarica autorizzate.

Il quantitativo da reimpiegarsi nella sistemazione a verde delle scarpate sarà accantonato in località e con modalità precedentemente autorizzate dalla Direzione Lavori; l'accumulo di detti materiali dovrà comunque consentire il regolare deflusso delle acque e dovrà risultare tale che non si abbiano a verificare condizioni pregiudizievoli per la salute e l'incolumità pubblica.

Ogni qualvolta i rilevati dovranno poggiare su declivi con pendenza superiore al 20%, ultimata l'asportazione del terreno vegetale e fatta eccezione per diverse e più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche condizioni di stabilità globale del pendio, si dovrà provvedere all'esecuzione di una gradonatura con banche in leggera contropendenza (tra 1% e 2%) e alzate verticali contenute in altezza.

Quando siano prevedibili cedimenti dei piani di posa dei rilevati eccedenti i 15 cm, l'Impresa sottoporrà alla Direzione Lavori un programma per l'installazione di piastre assestimetriche.

La posa in opera delle piastre e la rilevazione degli eventuali cedimenti saranno eseguite a cura e spese dell'Impresa in accordo con la Direzione Lavori.

L'Impresa dovrà provvedere a reintegrare i maggiori volumi di rilevato per il raggiungimento della quota di progetto ad avvenuto esaurimento dei cedimenti.

4.6.3.2 Caratteristiche del piano di posa del rilevato e della pavimentazione autostradale in trincea

Salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato, il modulo di deformazione Md al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm) dovrà risultare non inferiore a:

60 MPa: nell'intervallo compreso tra 1,5÷2,5 daN/cm² sul piano di posa della fondazione della pavimentazione autostradale in rilevato, in trincea e nel riempimento dell'arco rovescio in galleria;

20 MPa: nell'intervallo compreso tra 0,5÷1,5 daN/cm² sul piano di posa del rilevato quando posto a 1,00 m da quello della fondazione della pavimentazione autostradale;

15 MPa: nell'intervallo compreso tra 0,5÷1,5 daN/cm² sul piano di posa del rilevato quando posto a 2,00 m da quello della fondazione della pavimentazione autostradale.

La variazione di detti valori al variare della quota dovrà risultare lineare.

Per altezze di rilevato superiori a 2 m potranno essere accettati valori inferiori a 15 MPa 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 deformabilità dovranno essere accertate in modo rigoroso e dovranno ritenersi rappresentative, anche a lungo termine, nelle condizioni climatiche e idrogeologiche più sfavorevoli; si fa esplicito riferimento a quei materiali a comportamento "instabile" (collassabili, espansivi, gelivi, etc.) per i quali la determinazione del modulo di deformazione sarà affidata a prove speciali (edometriche, di carico su piastra in condizioni sature ecc.).

Il conseguimento dei valori minimi di deformabilità sopra indicati sarà ottenuto compattando il fondo dello scavo mediante rullatura eseguita con mezzi consoni alla natura dei terreni in posto.

Laddove le peculiari caratteristiche dei terreni in posto (materiali coesivi o semicoesivi, saturi o parzialmente saturi) rendessero inefficace la rullatura, la

Direzione Lavori, sentito il Progettista, procederà ad un intervento di bonifica con l'impiego di materiali idonei adeguatamente miscelati e compattati.

A rullatura eseguita la densità in sito dovrà risultare come segue:

- almeno pari al 90% della densità massima AASHTO mod.T/180-57, sul piano di posa dei rilevati;
- almeno pari al 95% della densità massima AASHTO mod.T/180-57, sul piano di posa della fondazione della pavimentazione autostradale in trincea.

4.6.3.3 Strato di transizione (Rilevato-Terreno)

Quando previsto in progetto, in relazione alle locali caratteristiche idrogeologiche, alla natura dei materiali costituenti il rilevato, allo scopo di migliorare le caratteristiche del piano di imposta del rilevato, sarà eseguita:

- la stesa di uno strato granulare con funzione anticapillare;
- la stesa di uno strato di geotessile non tessuto, anche con funzione anticontaminante.

4.6.3.3.1 Strato granulare anticapillare

Lo strato dovrà avere uno spessore compreso tra 0,3÷0,5 m; composto di materiali aventi granulometria assortita da 2÷50 mm, con passante al vaglio da 2 mm non superiore al 15% in peso e comunque con un passante al vaglio UNI 0,075 mm non superiore al 3%. Oppure da sabbia lavata e vagliata per uno spessore compreso tra 0.20 e 0.3 m.

Il materiale dovrà risultare del tutto esente da componenti instabili (gelivi, solubili, etc.) e da resti vegetali; è ammesso l'impiego di materiali frantumati.

4.6.3.3.2 Geotessile non tessuto

Lo strato di geotessile da stendere sul piano di posa del rilevato dovrà essere del tipo non tessuto in polipropilene o poliestere, di peso non inferiore a 400 g/m². Il geotessile dovrà avere le caratteristiche di cui all'art. 2, delle presenti Norme.

La campionatura del materiale dovrà essere fatta secondo la Norma UNI 8279/Parte 1, intendendosi per N l'unità elementare di un rotolo.

I prelievi dei campioni saranno eseguiti a cura dell'Impresa sotto il controllo della Direzione Lavori; le prove dovranno essere effettuate a spese dell'Impresa presso Laboratori qualificati, preliminarmente su materiali approvvigionati in cantiere, prima del loro impiego; successivamente, su materiali prelevati durante il corso dei lavori.

Dalle prove dovranno risultare soddisfatti i seguenti requisiti:

-	peso (UNI 5114)	$\geq$ 300 g/m²
-	resistenze a trazione su striscia di cm 5 (UNI 8639)	$\geq$ 18 kN/m
-	allungamento (UNI 8639)	$\geq$ 60%
-	lacerazione (UNI 8279/9)	$\geq$ 0,5 kN/m
-	punzonamento (UNI 8279/14)	$\geq$ 3 kN
-	permeabilità radiale all'acqua alla pressione di 0,002 MPa (UNI 8279/13)	$\geq$ 0,8 cm/s
-	dimensione della granulometria passante per filtrazione idrodinamica, corrispondente a quella del 95% in peso degli elementi di terreno che attraversano il geotessile	$\leq$ 100 µm

Qualora anche da una sola delle prove di cui sopra risultassero valori inferiori a quelli stabiliti, la partita sarà rifiutata e l'Impresa dovrà allontanarla immediatamente dal cantiere.

La Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, potrà richiedere ulteriori prove preliminari o prelevare in corso d'opera campioni di materiali da sottoporre a prove presso Laboratori qualificati, restando a carico dell'Impresa il relativo onere.

Il piano di stesa del geotessile dovrà essere perfettamente regolare. Dovrà essere curata la giunzione dei teli mediante sovrapposizione di almeno 30 cm nei due sensi longitudinale e trasversale.

I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con materiale da rilevato per uno spessore di almeno 30 cm.

4.6.3.4 Prove di controllo sul piano di posa

Il numero minimo delle prove di controllo da eseguire sul piano di posa dei rilevati o della fondazione delle pavimentazioni sia in trincea che in rilevato è messo in relazione alla differenza di quota (S) fra i piani di posa del rilevato e della fondazione della pavimentazione.

prove	di
- una ogni	
prove	di
- una ogni	

Le prove andranno distribuite in mo
relazione alle caratteristiche dei terre

La Direzione Lavori potrà richiedere,

Il controllo dello strato anticapillare s

Le prove di controllo sono tutte a tot

4.6.4. Formazione del rilevato

4.6.4.1 *Generalità, caratteristic*

Si considerano separatamente le se

- Rilevati autostradali;
- Rilevati realizzati con la tecnic
- Rilevati realizzati con terre trati
- Rilevati speciali.

La classificazione delle terre e la det

4.6.4.2 *Rilevati autostradali*

Potranno essere impiegati materiali
materiali appartenenti esclusivamen

L'impiego di rocce frantumate è am
presentare pezzature massime non

Di norma la dimensione delle massi

I materiali impiegati dovranno esser
tempo.

A compattazione avvenuta i materi
compattazione AASHTO Mod. salvo
una densità pari o superiore al 95%.

CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE - TABELLA C.N.R. - UNI 10006

Classificazione generale	Terre ghiaio-argillose Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 < 35%							Terre limo-argillose Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 > 35%						Tor organi
Gruppo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7			
Sottogruppo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6		
Analisi granulometrica Frazione passante al setaccio 2 UNI 2332 % 0,4 UNI 2332 % 0,075 UNI 2332 %	≤ 50 ≤ 30 ≤ 15	-- ≤ 50 ≤ 25	-- ≤ 50 ≤ 10	-- -- ≤ 35	-- -- ≤ 35	-- -- ≤ 35	-- -- ≤ 35	-- -- ≤ 35	-- -- ≤ 35	-- -- ≤ 35	-- -- ≤ 35	-- -- ≤ 35		
Caratteristiche della frazione passante al setaccio 0,4 UNI 2332 Limite liquido Indice di plasticità	- ≤ 6		- N.P.	≤ 40 ≤ 10	> 40 ≤ 10	≤ 40 > 10	> 40 > 10	≤ 40 ≤ 10	> 40 ≤ 10	≤ 40 > 10	> 40 > 10 IP≤1.1.-30	> 40 > 10 IP>1.1.-30		Torbe di rimota detriti o origine
Indice di gruppo	0		0	0		≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20			Da scar sottofon
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane		Sabbia fine	Ghiaia e sabbia limosa o argillosa				Limi poco compressib.	Limi fortemente compressibili	Argille poco compressib.	Argille fortemente compressibili mediamente plastiche	Argille fortemente compressibili fortemente plastiche		
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	Da eccellente a buono			Da mediocre a scadente										
Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna o lieve			Media				Molto elevata		Media	Elevata	Media		
Ritiro o rigonfiamento	Nullo			Nullo o lieve				Lieve o medio		Elevato	Elevato	Molto elevato		
Permeabilità	Elevata			Media o scarsa							Scarsa o nulla			
Identificazione del terreno in sito	Facilmente individuabile a vista		Aspri al tatto incoerenti allo stato asciutto	La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo Aspri al tatto Una tenacità media o elevata allo stato asciutto indica la presenza di argilla				Reagiscono alle prove di scuotimento * Polverulenti o poco tenaci allo stato asciutto. Non facilmente modellabili allo stato umido		Non reagiscono alla prova di scuotimento * Tenaci allo stato asciutto Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido				Fibrosi bruno o Facilme individu

* Prova di cantiere che può servire a distinguere i limi e le argille. Si esegue scuotendo nel palmo della mano un campione di terra bagnata e comprimendolo successivamente fra le dita. La terra reagisce alla prova se, dop scuotimento, apparirà sulla superficie un velo lucido di acqua libera, che scomparirà comprimendo il campione fra le dita.

a, in

ella.

egati

li da

li nel

re di

ıtare

4.6.4.3 *Impiego di terre appartenenti ai gruppi A_{2-6}, A_{2-7}*

Potranno essere impiegate terre appartenenti ai gruppi A_{2-6}, A_{2-7}, solo se provenienti dagli scavi e previste nel progetto; il loro utilizzo è previsto per la formazione di rilevati soltanto al di sotto di 2,0 m dal piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale previa sovrapposizione ad uno strato anticapillare di spessore non inferiore a 30 cm.

Il grado di densità e la percentuale di umidità secondo cui costipare i rilevati formati con materiale dei gruppi in oggetto, dovranno essere preliminarmente determinati dall'Impresa e sottoposti all'approvazione della Direzione Lavori.

Quanto sopra allo scopo di contenere a limiti minimi, ritiri e rigonfiamenti di materiali.

In ogni caso lo spessore degli strati sciolti non dovrà superare 30 cm ed il materiale dovrà essere convenientemente disaggregato.

4.6.4.4 *Rilevati in "Terra Armata"*

Dovranno essere impiegati i soli materiali appartenenti ai gruppi A1 e A3.

Eventuali deroghe potranno essere autorizzate dalla Direzione Lavori, in accordo con il Progettista, solo se supportate da accurate verifiche e indagini di laboratorio e/o in sito da eseguirsi a cura e spese dell'Impresa.

Viene del tutto esclusa la possibilità di impiegare materiali con pezzature superiori ai 25 cm e materiali contaminati da resti vegetali, componenti organiche o instabili (solubili, gelive, degradabili).

Allo scopo di garantire un comportamento omogeneo della terra armata, qualora i materiali di cava non mantenessero la prescritta uniformità di caratteristiche granulometriche e chimiche, gli stessi saranno preventivamente stoccati in apposita area al fine di essere opportunamente mescolati.

Prevedendosi l'uso di armature metalliche, per i materiali impiegati dovranno essere preliminarmente verificate le seguenti condizioni:

- contenuto in sali;
- solfuri, del tutto assenti;
- solfati, solubili in acqua, minori di 500 mg/kg;
- cloruri, minori di 100 mg/kg;
- pH, compreso tra 5÷10;
- resistività elettrica superiore a 1.000 ohmxcm per opere all'asciutto, superiore a 3.000 ohmxcm per opere immerse in acqua.

La compattazione di detti materiali dovrà risultare tale da garantire una densità misurata alla base di ciascuno strato non inferiore al 95% della densità massima individuata mediante la prova AASHTO Mod.

4.6.4.5 *Impiego di terre appartenenti ai gruppi A_4, A_5,A_6,A_7*

Per quanto riguarda le terre provenienti da scavi di sbancamento e di fondazione appartenenti ai gruppi A_4, A_5, A_6, A_7 si esaminerà, di volta in volta, l'eventualità di portarlo a rifiuto ovvero di utilizzarlo previa idonea correzione (a calce e/o cemento), attraverso una opportuna campagna sperimentale.

I rilevati con materiali corretti potranno essere eseguiti dietro ordine della Direzione dei Lavori solo quando vi sia la possibilità di effettuare un tratto completo di rilevato ben definito delimitato tra due sezioni trasversali del corpo stradale.

In ogni caso lo spessore degli strati sciolti non dovrà superare 30 cm.

Fintanto che non siano state esaurite, per la formazione dei rilevati, tutte le disponibilità dei materiali idonei proveniente dagli scavi di sbancamento, di fondazione od in galleria, le eventuali cave di prestito che l'Impresa volesse aprire, ad esempio per economia dei trasporti, saranno a suo totale carico. L'Impresa non potrà quindi pretendere sovrapprezzi, né prezzi diversi da quelli stabiliti in elenco per la formazione dei rilevati con utilizzazione di materie provenienti dagli scavi di trincea, opere d'arte ed annessi stradali, qualora, pur essendoci disponibilità ed idoneità di queste materie scavate, essa ritenesse di sua convenienza, per evitare rimaneggiamenti o trasporti a suo carico, di ricorrere, in tutto o in parte, a cave di prestito.

Qualora una volta esauriti i materiali, provenienti dagli scavi, ritenuti idonei in base a quanto precedentemente riportato, occorressero ulteriori quantitativi di materie per la formazione dei rilevati, l'Impresa potrà ricorrere al prelevamento di materie da cave di prestito, sempre che abbia preventivamente richiesto ed ottenuto l'autorizzazione da parte della Direzione dei Lavori.

È fatto obbligo all'Impresa di indicare le cave, dalle quali essa intende prelevare i materiali per la costruzione dei rilevati, alla Direzione dei Lavori che si riserva la facoltà di fare analizzare tali materiali presso altri Laboratori ufficiali, sempre a spese dell'Impresa.

Solo dopo che vi sia stato l'assenso della Direzione dei Lavori per l'utilizzazione della cava, l'Impresa è autorizzata a sfruttare la cava per il prelievo dei materiali da portare in rilevato.

L'accettazione della cava da parte della Direzione dei Lavori non esime l'Impresa dall'assoggettarsi, in ogni periodo di tempo, all'esame delle materie che dovranno corrispondere sempre a quelle di prescrizione e pertanto, ove la cava in seguito non si dimostrasse capace di produrre materiale idoneo per una determinata lavorazione, essa non potrà più essere coltivata.

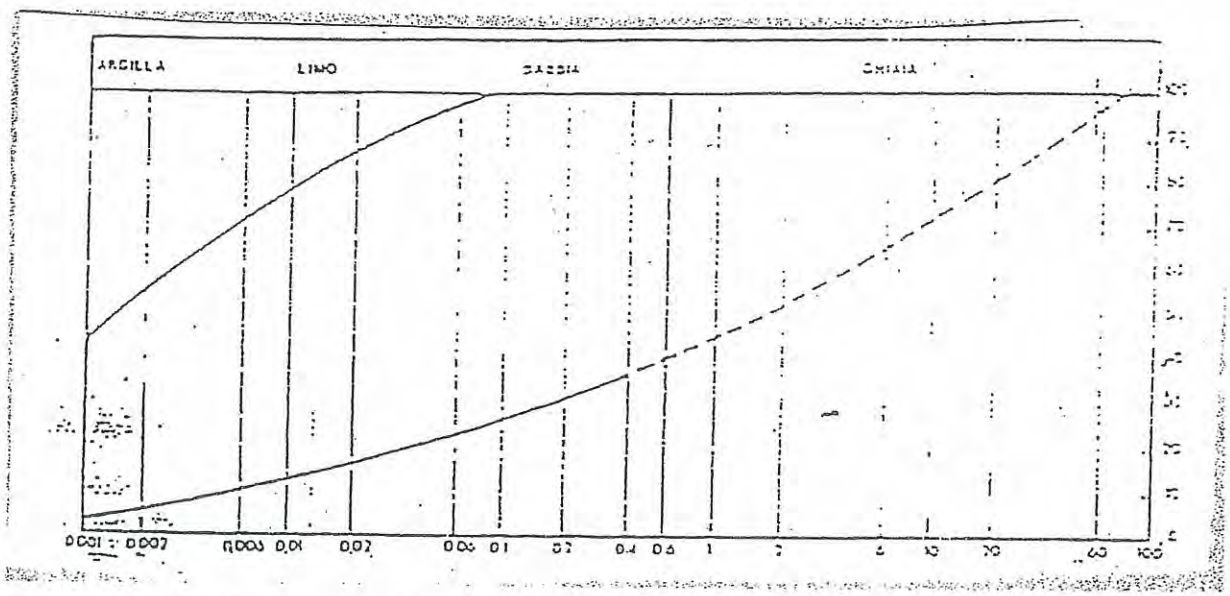
Per quanto riguarda le cave di prestito, l'Impresa, dopo aver ottenuto la necessaria autorizzazione da parte degli enti preposti alla tutela del territorio, è tenuta a corrispondere le relative indennità ai proprietari di tali cave e a provvedere a proprie spese al sicuro e facile deflusso delle acque che si raccogliessero nelle cave stesse, evitando nocivi ristagni e danni alle proprietà circostanti e sistemando convenientemente le relative scarpate, in osservanza anche a quanto è prescritto dall'art 202 del T.U. delle leggi sanitarie 27 luglio 1934, n.1265 e delle successive modifiche; dal T.U. delle leggi sulla bonifica dei terreni paludosi 30 dicembre 1923, n.3267, successivamente assorbito dal testo delle norme sulla Bonifica Integrale approvato con R.D.13 febbraio 1933, n.215 e successive modifiche.

4.6.4.6 *Rilevati Speciali Sperimentali*

Con il termine "rilevati speciali" sono definite tutte le opere realizzate con materiali naturali o artificiali, destinate a formare alcune parti del corpo stradale .

Si distinguono in:

- rilevati in terra stabilizzata/migliorata;
- rilevati con materiali riciclati.



4.6.4.6.1

n terra stabilizzata / migliorata e consolidamento piano di appoggio

Terra stabilizzata a calce

La terra stabilizzata a calce è una miscela composta da terra, calce viva od idrata e acqua, in quantità tali da modificare le caratteristiche fisico - chimico e meccaniche della terra onde ottenere una miscela idonea per la formazione di strati che, dopo costipamento, risultino di adeguata capacità portante, di adeguata indeformabilità, nonché stabili all'azione dell'acqua e del gelo (CNR 36 - 1973).

Una terra affinché risulti adatta alla stabilizzazione a calce deve essere di tipo limo-argilloso ed avere indice di plasticità normalmente maggiore o uguale a 10.

Possono essere stabilizzate a calce anche terre ghiaioso-argillose, ghiaioso-limose , sabbioso-argillose e sabbioso-limose (tipo A_{2-6} e A_{2-7}) qualora presentino una frazione di passante al setaccio 0,4 UNI non inferiore al 35%.

Possono essere trattate con calce anche le "vulcaniti vetrose" costituite da rocce pozzolaniche ricche di silice amorfa reattiva.

La loro curva granulometrica deve rientrare nel fuso appresso riportato (CNR 36 - 1973):

il diametro massimo degli elementi viene definito in funzione dell'impiego della miscela (CNR n.36 - 1973).

Le terre impiegate non dovranno presentare un contenuto di sostanza organica superiore al 2%.

La D. L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione, siano tali da indicare che percentuali più elevate di sostanza organica garantiscano comunque i requisiti di resistenza, indeformabilità e durabilità richiesti.

Inoltre le terre impiegate non dovranno avere un contenuto di solfati superiore all'1%.

La D. L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione, siano tali da indicare che percentuali più elevate di solfati garantiscano comunque i requisiti di resistenza richiesti.

La calce idrata dovrà essere conforme alle norme per l'accettazione delle calci di cui alle disposizioni vigenti.

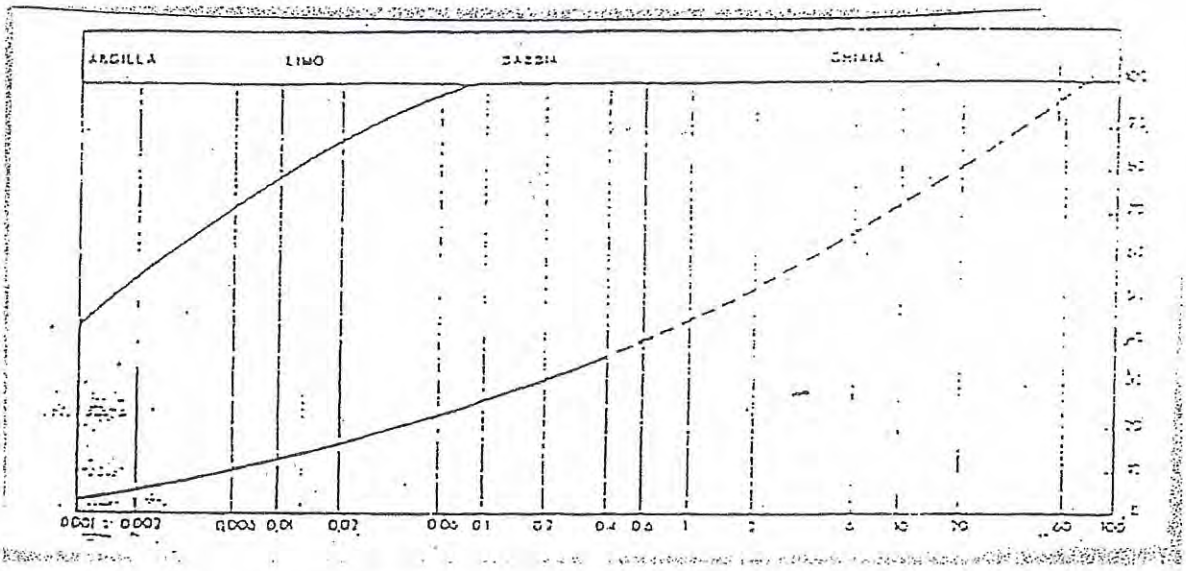
La quantità di acqua e di calce con cui effettuare l'impasto con i terreni da riqualificare (miscela di progetto) va determinata preliminarmente (alla posa in opera in sito) in laboratorio in base a prove CBR (CNR - UNI 10009), a prove di costipamento ed eventualmente a prove di rottura a compressione, nonché a qualsiasi altra prova necessaria per una adeguata caratterizzazione (CNR 36/73).

Il valore dell'indice CBR deve risultare in ogni caso adeguato alla specifica destinazione del materiale.

Esso dovrà essere determinato dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua, seguendo la procedura indicata nella norma CNR - UNI 10009.

Le curve dell'indice CBR, delle caratteristiche di costipamento ottenute con energia AASHO Modificata (CNR 69 -1978) e della resistenza a compressione, dovranno essere tracciate in base ai risultati su miscele sperimentali con diversi tenori di calce , permettendo di definire come variano con la quantità di calce i valori massimi dell'indice CBR, della massa volumica del secco, i corrispondenti valori di umidità ottima e l'eventuale resistenza a compressione.

Noti



questi valori, la D. L. definirà di volta in volta la composizione preventiva della miscela di progetto in modo che:

- il suo tenore in acqua sia non inferiore a quello che si avrà operando nelle condizioni di cantiere di una miscela di pari contenuto in calce.
- il suo tenore in calce sia sufficiente a garantire che la miscela presenti le caratteristiche di portanza, costipabilità e stabilità richieste nel progetto.

Terra stabilizzata a cemento

La terra stabilizzata a cemento è una miscela composta da terra, cemento e acqua, in quantità tali da modificare le caratteristiche fisico - chimico e meccaniche della terra onde ottenere una miscela idonea per la formazione di strati che, dopo costipamento, risultino di adeguata capacità portante, di adeguata indeformabilità, nonché stabili all'azione dell'acqua e del gelo.

Una terra affinché risulti adatta alla stabilizzazione a cemento deve essere di tipo sabbioso, ghiaioso, sabbioso-limoso e/o argilloso, ghiaioso-limoso e/o argilloso e limoso, ed avere indice di plasticità normalmente minore di 15.

Possono essere trattati a cemento anche materiali friabili o profondamente alterati , purché riconducibili con un adeguato trattamento alle volute funzioni portanti.

La loro curva granulometrica deve rientrare nel fuso appresso riportato:

il diametro massimo degli elementi dovrà essere definito in funzione dell'impiego della miscela, preferibilmente dovrà essere inferiore ai 50 mm.

Il passante al setaccio 0.075 mm non deve superare il 50%.

Il tipo di cemento da impiegare dovrà essere del tipo Portland 32,5.

Le terre impiegate non dovranno presentare un contenuto di sostanza organica superiore al 2%.

La D. L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione, siano tali da indicare che percentuali più elevate di sostanza organica garantiscano comunque i requisiti di resistenza, indeformabilità e durabilità richiesti.

Inoltre, le terre impiegate non dovranno avere un contenuto di solfati superiore all'1%.

La D. L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione, siano tali da indicare che percentuali più elevate di solfati garantiscano comunque i requisiti di resistenza richiesti.

La quantità di acqua e di cemento con cui effettuare l'impasto con i terreni da riqualificare (miscela di progetto) va determinata preliminarmente (alla posa in opera in sito) in laboratorio in base a prove CBR (CNR - UNI 10009), a prove di costipamento e prove di rottura a compressione, ed a qualsiasi altra prova che si ritenga necessaria.

Il valore dell'indice CBR deve risultare in ogni caso adeguato alla specifica destinazione del materiale.

Esso viene determinato dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua, seguendo la procedura indicata nella norma CNR - UNI 10009.

Le curve dell'indice CBR, delle caratteristiche di costipamento ottenute con energia AASHO Modificata (CNR 69 -1978) e della resistenza a compressione, dovranno essere tracciate in base ai risultati su miscele sperimentali con diversi tenori di cemento, permettendo di definire come variano con la quantità di cemento i valori massimi dell'indice CBR, della massa volumica del secco, i corrispondenti valori di umidità ottima e l'eventuale resistenza a compressione.

Noti questi valori, la D. L. definirà di volta in volta la composizione preventiva della miscela di progetto in modo che:

- il suo tenore in acqua sia non inferiore a quello che si avrà operando nelle condizioni di cantiere di una miscela di pari contenuto in cemento.
- il suo tenore in cemento sia sufficiente a garantire che la miscela presenti le caratteristiche di portanza, costipabilità e stabilità richieste nel progetto.

Piano di appoggio del rilevato

Il trattamento in sito dei terreni di appoggio di rilevato, trattati con i suddetti leganti (calce o cemento) deve essere tale da garantire le caratteristiche di portanza previste dal progetto e comunque non inferiori a :

Per altezze di rilevato da 0 a 2 metri :

il valore minimo prescritto per l'indice CBR dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 60, con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1%.

Per quanto riguarda le caratteristiche di indeformabilità, queste dovranno risultare non minori di 50 MPa, nell'intervallo di carico tra 0.15 - 0.25 N/mm², (CNR 146 - 1992).

Per altezza di rilevato oltre i 2 metri:

il valore minimo prescritto per l'indice CBR dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 30, con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1,5%.

Per quanto riguarda le caratteristiche di indeformabilità, queste dovranno risultare non minori di 20 MPa, nell'intervallo di carico tra 0.05 - 0.15 N/mm² (CNR 146 - 1992).

Piano di appoggio della sovrastruttura (sottofondo)

Il valore minimo prescritto per l'indice CBR all'umidità ottima (CNR - UNI 10009) dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 60 con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1%.

Per quanto riguarda le caratteristiche di indeformabilità, queste dovranno risultare non minori di 50 Mpa (CNR 146 - 1992), nell'intervallo di carico tra 0.15 - 0.25 N/mm².

Rilevati

I rilevati con materiali corretti, potranno essere eseguiti dietro ordine delle D.L. e solo quando vi sia la possibilità di effettuare un tratto completo di rilevato ben definito delimitato tra due sezioni trasversali del corpo stradale.

Le caratteristiche di portanza delle terre stabilizzate con i leganti (calce o cemento), devono essere quelle previste dal progetto e comunque non inferiori a:

Per altezze di rilevato da 0 a 2 metri :

il valore minimo prescritto per l'indice CBR (CNR - UNI 10009) dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 60 con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1%.

Per quanto riguarda le caratteristiche di indeformabilità, queste dovranno risultare non minori di 50 MPa, nell'intervallo di carico compreso tra 0.15 - 0.25 N/mm² (CNR 146 - 1992).

Per altezza di rilevato oltre i 2 metri:

il valore minimo prescritto per l'indice CBR dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 30 con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1,5%.

Per quanto riguarda le caratteristiche di indeformabilità, queste dovranno risultare non minori di 20 MPa (CNR 146 - 1992), nell'intervallo di carico compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm².

Resistenza al gelo

Nel caso in cui la terra debba essere impiegata in zone in cui l'azione del gelo non è occasionale, si debbono porre in atto ulteriori indagini e provvedimenti suggeriti dalle condizioni locali d'impiego onde evitare l'ammaloramento del materiale in opera per effetto del gelo. Un aumento del dosaggio del legante può risultare utile a questo scopo.

Modalità di lavorazione

La stabilizzazione dei terreni con leganti implica il miglioramento delle caratteristiche della terra; i requisiti di idoneità della miscela ottenuta verranno accertate mediante prove di resistenza a compressione o prove di carico, e qualsiasi altra prova necessaria .

I procedimenti di riabilitazione o di stabilizzazione dei terreni argillosi con calce potranno avvenire con trattamento in sito (impianti mobili) oppure predisponendo le miscele da porre in opera in adeguati impianti fissi; comunque la miscela, una volta stesa, dovrà presentarsi uniformemente mescolata ed opportunamente umidificata secondo l'umidità ottima determinata mediante la relativa prova di laboratorio, e comunque non maggiore dell'1.5% dell'ottimo indicato dalla D.L..

La suddetta umidità dovrà essere determinata a miscela posta in opera e sarà determinata in sito mediante metodologie rapide definite dalla D. L..

Inoltre tale umidità dovrà essere mantenuta costante sino al termine delle operazioni di posa in opera.

Il singolo strato non dovrà avere spessore superiore ai 30 cm.

Tutti i processi dovranno comunque essere preventivamente approvati dalla D.L. e dovranno essere realizzati dall'Impresa sotto le disposizioni della stessa D.L..

Il trattamento in sito, eseguito sotto il controllo e le direttive della D.L., dovrà prevedere le seguenti fasi operative:

- scarificazione ed eventuale polverizzazione con ripper di motolivellatrici o con lame scarificatrici ed erpici a disco;
- spandimento del cemento in polvere mediante adatte macchine spanditrici; tale spandimento dovrà essere effettuato esclusivamente su quella porzione di terreno che si prevede di trattare entro la giornata lavorativa; si dovrà impedire a qualsiasi macchinario, eccetto quello necessario che verrà impiegato per la miscelazione, di attraversare la porzione di terreno sulla quale è stato steso il legante, fino a quando questo non sia stato miscelato con il terreno.

  Il quantitativo necessario al trattamento dell'intero strato, sarà distribuito in maniera uniforme sulla superficie ed in maniera da risultare soddisfacente al giudizio della D. L.;
- mescolazione con adeguati mescolatori ad albero orizzontale rotante. Il numero di passate dipende dalla natura del suolo e dal suo stato idrico. Si dovrà inoltre garantire un adeguato periodo di maturazione della miscela, da determinarsi di volta in volta a seconda della natura dei terreni.

  L'Impresa dovrà garantire una adeguata polverizzazione della miscela, che si considera sufficiente quando l'80% del terreno, ad esclusione delle porzioni lapidee, attraversa il setaccio 4 UNI (apertura di 4,76 mm).

  Nel caso in cui le normali operazioni di mescolazione non dovessero garantire questo voluto grado di polverizzazione, l'Impresa dovrà procedere ad una preventiva polverizzazione della terra, affinchè si raggiungano tali requisiti nella miscelazione dell'impasto.
- compattazione e finitura con rulli a "piedi di montone" , che precedono i passaggi di rulli gommati pesanti e/o rulli lisci vibranti. La sagomatura finale dovrà essere operata mediante motolivellatrice.

  La velocità di compattazione dovrà essere tale da far si che il materiale in oggetto, venga costipato, prima dell'inizio della presa del legante.

Nella stabilizzazione a cemento, dopo il costipamento, si dovrà predisporre un adeguato strato di protezione per la maturazione, evitando di disturbare lo strato nella fase di presa per almeno 24 ore.

Le operazioni di trattamento e posa in opera della terra stabilizzata dovranno essere effettuate in condizioni climatiche tali da garantire il voluto contenuto di acqua determinato attraverso la campagna sperimentale preliminare, ed inoltre si richiede per la posa in opera una temperatura minima di 7 °C.

Al termine della giornata di lavoro, e comunque in corrispondenza delle interruzioni delle lavorazioni, si dovrà predisporre, in corrispondenza della parte terminale dello strato, una traversa al fine di far si che anche porzione risulti soddisfacentemente costipata nonché livellata.

Il trattamento effettuato con adeguati impianti fissi o mobili dovrà essere approvato preventivamente dalla D.L., la quale potrà intervenire con opportune direttive , variazioni e/o modifiche durante la posa in opera dei materiali.

4.6.4.6.2 Rilevati con materiali riciclati

Si considerano:

- rifiuti speciali da demolizione edile
- rifiuti speciali industriali - scorie.

Rifiuti speciali da demolizione edile

In alternativa ai materiali naturali rispondenti alla classificazione C.N.R. U.N.I. 10006, può essere previsto, nella costruzione di rilevati, l'impiego di inerti provenienti da recupero e riciclaggio di materiali edili e di scorie industriali.

I rilevati con materiali riciclati, potranno essere eseguiti previa autorizzazione della D.L. e solo quando vi sia la possibilità di effettuare un tratto completo di rilevato ben definito delimitato tra due sezioni trasversali e/o due piani quotati del corpo stradale.

E' comunque vietato l'utilizzo diretto dei materiali provenienti da demolizioni, costruzioni e scavi ai sensi del D.P.R. 10-9-1982 n. 915 e seguenti, e del Decreto Legislativo n° 22 del 5/02/1997 e successive modifiche ed integrazione.

L'uso di tali materiali è consentito previo loro trattamento in appositi impianti di riciclaggio autorizzati secondo la normativa di Legge vigente.

Gli impianti di riciclaggio dovranno essere costituiti da distinte sezioni di trattamento, attraverso fasi meccanicamente e tecnologicamente interconesse di macinazione, vagliatura, selezione granulometrica e separazione dei materiali ferrosi, legnosi, e delle frazioni leggere, nonché delle residue impurità, per la selezione dei prodotti finali.

Gli impianti dovranno comunque essere dotati di adeguati dispositivi per la individuazione di materiali non idonei.

Dovrà essere preventivamente fornita alla DL oltre all'indicazione dell'impianto o degli impianti di produzione, con la specifica delle caratteristiche delle modalità operative riferite sia alla costanza di qualità del prodotto, sia ai sistemi di tutela da inquinanti nocivi, una campionatura significativa del materiale prodotto e le eventuali certificazioni relative a prove sistematiche fatte eseguire su materiali.

Il materiale dovrà comunque rispondere alle specifiche tecniche di seguito riportate.

Il materiale fornito dovrà avere pezzatura non superiore a 71 mm. e dovrà rientrare nel fuso granulometrico di seguito riportato.

Serie Crivelli e Setacci UNI	passante % in peso
crivello 71	100
crivello 40	75 - 100
crivello 25	60 - 87
crivello 10	35 - 67
setaccio 2	15 - 40
setaccio 0.4	7 - 22
setaccio 0.075	2 - 15

I componenti lenticolari non dovranno essere (definite come in BU CNR n° 95/84) in quantità superiore al 30 % ;

Devono essere assenti sostanze organiche (UNI 7466/75 II parte) o contaminanti, ai sensi del D.P.R. 10.9.1989 n° 915 pubblicato sulla G.U. n°343 del 15.12.82.

Prove di prequalificazione del materiale:

- determinazione della percentuale di rigonfiamento, che dovrà essere secondo le modalità previste per la prova CBR (CNR UNI 10009) , inferiore a 1%;
- prova di abrasione Los Angeles;. sarà ritenuto idoneo il materiale che subisce perdite inferiori al 40 % in peso;
- verifica della sensibilità al gelo (CNR 80/1988 Fasc. 4 art. 23 modificato), condotta sulla parte di aggregato passante al setaccio 38.1 e trattenuto al setaccio 9.51 (Los Angeles classe A); sarà ritenuto idoneo il materiale con sensibilità al gelo G ≤ 30;

Per la posa in opera, si dovrà procedere alla determinazione dell'umidità ottimale di costipamento mediante procedimento AASHO modificato (CNR 69 - 1978) e per la stesa del materiale si dovrà procedere per strati di spessore compreso fra 15 a 30 cm., secondo le indicazioni della D.L., costipati per mezzo di rulli vibranti di tipo pesante.

Il materiale dovrà essere scaricato in cumuli estesi e immediatamente sottoposto ad una prima umidificazione, per evitare la separazione delle parti a diversa granulometria, non essendo presente di norma la umidità naturale.

L'umidità da raggiungersi non dovrà essere inferiore al 7-8 %.

Il materiale dovrà essere posto in opera mediante motolivellatore (Grader), o con altro mezzo idoneo, di adeguata potenza, in maniera da evitare comunque la separazione dei componenti di pezzatura diversa, e adeguatamente rullato a umidità ottimale.

Salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato, il modulo di deformazione al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm) (CNR 146 - 1992) dovrà risultare non inferiore a:

50 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.15 - 0.25 N/mm² sul piano di posa della fondazione della sovrastruttura stradale in rilevato;

20 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm², sul piano di posa del rilevato posto a 1,00 m, al di sotto del piano di posa della fondazione della sovrastruttura stradale;

15 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm² sul piano di posa del rilevato posto a 2,00 m, o più , al di sotto del piano di posa della fondazione della sovrastruttura stradale.

Per i suddetti materiali valgono le stesse prescrizioni di grado di costipamento già specificato per le terre.

Rifiuti speciali industriali - scorie

Sempre in alternativa ai materiali rispondenti alla classificazione C.N.R. U.N.I. 10006 può, essere previsto nella costruzione di rilevati l'impiego di materiali provenienti da scorie industriali - loppe d'altoforno, esclusivamente di nuova produzione e comunque non sottoposte a periodi di stoccaggio superiori ad un anno.

I rilevati con scorie industriali, potranno essere eseguiti dietro ordine delle D.L. e solo quando vi sia la possibilità di effettuare un tratto completo di rilevato ben definito delimitato tra due sezioni trasversali e/o due piani quotati del corpo stradale.

Le caratteristiche dei rifiuti debbono essere rispondenti alle prescrizioni del Decreto Legislativo n° 22 del 5/02/1997 e successive modifiche ed integrazione e quindi corrispondenti a tutte le prescrizioni contenute nelle direttive CEE, sui rifiuti in genere (CEE 91/156) e sui rifiuti pericolosi (CEE 91/689).

In conformità dell'art. 4 del D.L. n°22 del 5/02/1997, viene favorito il reimpiego ed il riciclaggio di detti rifiuti previ accordi e convenzioni con i soggetti produttori interessati al reimpiego di dette materie, al fine di stabilire anche una positiva valutazione economica.

Tutti gli oneri inerenti alla gestione, sicurezza e garanzia della stabilità chimico-fisica del prodotto da utilizzare, rimangono a carico dell'imprenditore, così come tutti gli oneri e le incombenze derivanti dai permessi da richiedersi presso gli Enti preposti alla tutela dell'ambiente e del territorio.

Tali permessi sono rigorosamente prescritti, prima di procedere a qualsiasi utilizzazione ed impiego del materiale in esame.

E' riservata alla Direzione Lavori, la facoltà di adottare la parzializzazione del corpo del rilevato, destinando le scorie esclusivamente al nucleo centrale , ed utilizzando per le fasce laterali di spessore costante dell'ordine dei 2.0 m, terre tradizionali.

Il materiale per essere impiegato nella formazione di strati di rilevato dovrà soddisfare i seguenti requisiti:

- la curva granulometrica, dovrà presentare un passante al setaccio 0.075 mm , non superiore al 10 %, ed un coefficiente di disuniformità maggiore o uguale a 7;
- l'attività del materiale (caratterizzata dal coefficiente □)dovrà essere compresa tra 20 e 40; l'attività risulta così definita:

  coefficiente calcolato dividendo per 1000 il prodotto della superficie specifica (cm²/g), determinata con il permeabilimetro di Blain opportunamente adattato, per la friabilità intera come percentuale di elementi < 80 □m, ottenuti dopo opportuna frantumazione (Mode operatoir LCPC: Measure du coefficient □ d'activé du latier granulé de heut fornean - Dunoid - Paris 1970).
- il contenuto naturale di acqua (umidità), deve essere <15% ;

Il materiale verrà posto in opera mediante l'impiego di motolivellatrice (grader) in strati di spessore compreso tra i 15 e i 30 cm.

Nell'eventualità di una parzializzazione del corpo del rilevato i materiali di contronucleo verranno posti in opera con strati aventi medesimo spessore di quelli realizzati con loppa.

Quindi si procederà al costipamento dell'intero strato.

A compattazione avvenuta, tutti i materiali utilizzati per la realizzazione del singolo strato, dovranno presentare una massa volumica non inferiore al 90% di quella massima individuata nelle prove di compattazione (CNR 69-1978), (CNR 22 - 1972).

Salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato, il modulo di deformazione al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm)(CNR 146 -1992) dovrà risultare non inferiore a:

50 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.15 - 0.25 N/mm² sul piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale in rilevato;

20 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm² sui restanti strati del rilevato oltre 1,00 m al di sotto della pavimentazione stradale;

4.6.4.7 *Costruzione del rilevato*

4.6.4.7.1 Stesa dei materiali

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

Durante le fasi di lavoro si dovrà garantire il rapido deflusso delle acque meteoriche conferendo sagomature aventi pendenza trasversale non inferiore al 2%.

In presenza di paramenti di rilevati in terra armata o di muri di sostegno in genere, la pendenza sarà contrapposta ai manufatti.

Ciascuno strato potrà essere messo in opera, pena la rimozione, soltanto dopo avere certificato mediante prove di controllo l'idoneità dello strato precedente.

Lo spessore dello strato sciolto di ogni singolo strato sarà stabilito in ragione delle caratteristiche dei materiali, delle modalità di compattazione e delle finalità del rilevato.

Comunque, tale spessore non dovrà risultare superiore ai seguenti limiti:

- 50 cm per rilevati formati con terre appartenenti ai gruppi A_1, A_{2-4}, A_{2-5}, A_3, o con rocce frantumate;
- 40 cm per rilevati in terra armata;
- 30 cm per rilevati eseguiti con terre appartenenti ai gruppi A_{2-6}, A_{2-7}.

Per i rilevati eseguiti con la tecnica della terra armata e in genere per quelli delimitati da opere di sostegno flessibili (quali gabbioni) sarà tassativo che la stesa avvenga sempre parallelamente al paramento esterno.

4.6.4.7.2 Compattazione

La compattazione potrà aver luogo soltanto dopo aver accertato che il contenuto d'acqua delle terre sia prossimo (±1,5% circa) a quello ottimo determinato mediante la prova AASHTO Mod.

Se tale contenuto dovesse risultare superiore, il materiale dovrà essere essiccato per aerazione; se inferiore l'aumento sarà conseguito per umidificazione e con modalità tali da garantire una distribuzione uniforme entro l'intero spessore dello strato.

Il tipo, le caratteristiche e il numero dei mezzi di compattazione nonché le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza) dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione Lavori; nelle fasi iniziali del lavoro, l'Impresa dovrà adeguare le proprie modalità esecutive in funzione delle terre da impiegarsi e dei mezzi disponibili.

La compattazione dovrà essere condotta con metodologia atta ad ottenere un addensamento uniforme; a tale scopo i rulli dovranno operare con sistematicità lungo direzioni parallele garantendo una sovrapposizione fra ciascuna passata e quell'adiacente pari almeno al 10% della larghezza del rullo.

Per garantire una compattazione uniforme lungo i bordi del rilevato, le scarpate dovranno essere riprofilate, una volta realizzata l'opera, rimuovendo i materiali eccedenti la sagoma.

In presenza di paramenti flessibili e murature laterali, la compattazione a tergo 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 entro una distanza inferiore a 1,5 m dai paramenti della terra armata o flessibili in genere.

A tergo dei manufatti si useranno 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, ecc. si dovrà garantire la continuità con la parte realizzata impiegando materiali e livelli di compattazione identici.

A ridosso delle murature dei manufatti si dovrà eseguire la stabilizzazione a cemento dei rilevati mediante mescolazione in sito del legante con i materiali costituenti i rilevati stessi, privati però delle pezzature maggiori di 40 mm.

Il cemento potrà essere del tipo I, II, III, IV, V 32,5 o 32,5R ed in ragione di 25÷50 kg/m³ di materiale compattato.

La Direzione Lavori prescriverà il quantitativo di cemento da utilizzare, in funzione del materiale da impiegare e delle condizioni operative da affrontare.

La miscela dovrà essere compattata fino al 95% della densità max AASHTO Mod. procedendo per strati di spessore non superiore a 30 cm.

Tale stabilizzazione a cemento dei rilevati dovrà interessare una zona la cui sezione, lungo l'asse autostradale, sarà a forma trapezia avente la base inferiore di 2,00 m, quella superiore pari a 2,00 m + 3/2 h e l'altezza h coincidente con quella del rilevato.

Durante la costruzione dei rilevati si dovrà disporre in permanenza di apposite squadre e mezzi di manutenzione per rimediare ai danni causati dal traffico di cantiere oltre a quelli dovuti alla pioggia e al gelo.

Si dovrà inoltre garantire la sistematica e tempestiva protezione delle scarpate mediante la stesa di uno strato di terreno vegetale tale da assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del manto erboso.

Qualora si dovessero manifestare erosioni di sorta l'Impresa dovrà provvedere al restauro delle zone ammalorate a sua cura e spese e secondo le disposizioni impartite di volta in volta dalla Direzione Lavori.

4.6.4.7.3 Condizioni climatiche

La costruzione di rilevati in presenza di gelo o di pioggia persistenti non sarà consentita in linea generale, fatto salvo particolari deroghe da parte della Direzione Lavori, limitatamente a quei materiali meno suscettibili all'azione del gelo e delle acque meteoriche (es.: pietrame).

Nell'esecuzione dei rilevati con terre ad elevato contenuto della frazione coesiva dovranno essere tenuti a disposizione anche dei carrelli pigiatori gommati che consentono di chiudere la superficie dello strato in lavorazione in caso di pioggia.

Alla ripresa del lavoro la stessa superficie dovrà essere convenientemente erpicata provvedendo eventualmente a rimuovere lo strato superficiale rammollito.

4.6.4.7.4 Rilevati di prova

Quando prescritto dalla Direzione Lavori, l'Impresa procederà, a sua cura e spese, all'esecuzione dei rilevati di prova, e alle relative prove di controllo.

In particolare si dovrà fare ricorso ai rilevati di prova per verificare l'idoneità di materiali a pezzatura grossolana (pietrami), di materiali coesivi (appartenenti ai gruppi A2-6 e A2-7) ed a comportamento instabile, di materiali diversi da quelli specificati nei precedenti capitoli.

Il rilevato di prova consentirà di verificare le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali messi in opera, le caratteristiche dei mezzi di compattazione (tipo, peso, energie vibranti) e le modalità esecutive più idonee (numero di passate, velocità del rullo, spessore degli strati, ecc.), le procedure di lavoro e di controllo cui attenersi nel corso della formazione dei rilevati. La ubicazione del campo prova, le modalità esecutive del rilevato di prova e delle relative prove di controllo saranno stabilite di volta in volta dalla Direzione Lavori; a titolo indicativo si adotteranno le seguenti prescrizioni:

- l'area prescelta per la prova dovrà essere perfettamente livellata, compattata e preferibilmente tale da presentare caratteristiche di deformabilità prossime a quelle dei materiali in esame;
- la larghezza del rilevato dovrà risultare almeno pari a tre volte la larghezza del rullo, i materiali saranno stesi in strati di spessore costante (o variabile qualora si voglia individuare lo spessore ottimale) e si provvederà a compattarli con regolarità ed uniformità simulando durante tutte le fasi di lavoro quelle modalità esecutive che poi saranno osservate nel corso dei lavori.

In generale per ciascun tipo di materiale e per ciascun tipo di modalità esecutiva si provvederà a mettere in opera almeno 2 o 3 strati successivi; per ogni strato si provvederà ad eseguire le prove di controllo dopo successive passate (ad esempio dopo 4, 6, 8, passate).

Le prove di controllo da adottarsi saranno principalmente finalizzate ad individuare nel dettaglio le caratteristiche di densità, deformabilità e i contenuti d'acqua delle terre.

In taluni casi si potrà ricorrere a prove speciali (ad esempio la prova di carico su piastra previa saturazione, prove dinamiche non distruttive ecc.) e a prelievo di campioni indisturbati da destinarsi alle prove di laboratorio ponendo particolare attenzione a quei materiali considerati instabili o presunti tali, quali le rocce tenere.

Limitatamente ai materiali a granulometria grossolana, risultando le prove abituali non rappresentative, l'addensamento sarà controllato mediante successive livellazioni del piano di rullatura e la misura della densità in sito sarà fatta prelevando il materiale da un pozzetto che dovrà essere rivestito da apposito telo impermeabile successivamente riempito d'acqua.

L'Impresa sarà tenuta a documentare in apposita relazione tutte le fasi di lavoro, i mezzi e le procedure impiegate nonché gli esiti delle prove di controllo.

L'approvazione dei materiali nonché delle modalità esecutive spetta esclusivamente alla Direzione Lavori.

4.6.4.7.5 Prove di controllo ed autorizzazione

Prima che sia messo in opera uno strato successivo, ogni strato di rilevato dovrà essere sottoposto alle prove di controllo e possedere i requisiti di costipamento richiesti.

La procedura delle prove di seguito specificata deve ritenersi come minima e dovrà essere infittita in ragione della discontinuità granulometrica dei materiali portati a rilevato e della variabilità nelle procedure di compattazione.

L'Impresa dovrà eseguire le prove di controllo in contraddittorio con la Direzione Lavori nei punti indicati dalla Direzione Lavori stessa.

Tali prove potranno essere eseguite oltre che nel laboratorio dell'Impresa anche da un laboratorio esterno.

È comunque richiesto che fra le prove indicate almeno una su dieci sia eseguita da un Laboratorio Ufficiale.

Il personale addetto dovrà comunque 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 e in laboratorio con tempestività, continuità e con le frequenze previste.

Le prove di laboratorio dovranno comunque essere eseguite in una sede attrezzata adeguatamente e capiente che sia distaccata presso gli uffici di cantiere dell'Impresa o comunque tale da risultare accessibile alla Direzione Lavori.

Prima di iniziare i lavori l'Impresa dovrà sottoporre 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 trascritto tempestivamente su appositi moduli.

La procedura delle prove di seguito specificata, deve ritenersi come minima e dovrà essere infittita in ragione della discontinuità granulometrica dei materiali portati a rilevato e della variabilità nelle procedure di compattazione.

L'Impresa è obbligata comunque ad organizzare per proprio conto, con personale qualificato ed attrezzature adeguate, approvate dalla D.L., un laboratorio di cantiere in cui si procederà ad effettuare tutti gli ulteriori accertamenti di routine ritenuti necessari dalla D.L., per la caratterizzazione e l'impiego dei materiali.

La frequenza minima delle prove ufficiali sarà quella indicata nella allegata Tabella seguente, la frequenza delle prove di cantiere, sarà imposta dalle puntuali verifiche che il programma di impiego dei materiali, approvato preventivamente dalla D.L., vorrà accertare.

I materiali da impiegare a rilevato, sono caratterizzati e classificati secondo le Norme CNR-UNI 10006/63.

La normativa di riferimento per esercitare i controlli conseguenti, sono indicati nel seguente prospetto:

CATEGORIE DI LAVORO E MATERIALI	CONTROLLI PREVISTI	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
MOVIMENTI DI TERRA		D.M. 11.03.1988 C.LL.PP. n.30483 del 24.09.1988
PIANI DI POSA DEI RILEVATI	Classificazione delle terre Grado di costipamento Massa volumica in sito CBR Prova di carico su piastra	C.N.R.-UNI 10006/63 B.U.- C.N.R. n.69 B.U.- C.N.R. n.22 CNR - UNI 10009 B.U.- C.N.R. n.146 A.XXVI
PIANI DI POSA DELLE FONDAZIONI STRADALI IN TRINCEA	Classificazione delle terre Grado di costipamento Massa volumica in sito CBR Prova di carico su piastra	C.N.R.-UNI 10006/63 B.U.- C.N.R. n.69 B.U.- C.N.R. n.22 CNR - UNI 10009 B.U.- C.N.R. n.146 A.XXVI
FORMAZIONE DEI RILEVATI	Classificazione delle terre Grado di costipamento Massa volumica in sito Prova di carico su piastra CBR Impiego della calce	C.N.R.-UNI 10006/63 B.U.- C.N.R. n.69 B.U.- C.N.R. n.22 B.U.- C.N.R. n.146 A.XXVI CNR - UNI 10009 B.U.- C.N.R. n.36 A VII

Prove di laboratorio

Accertamenti preventivi:

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- analisi granulometrica;
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332;
- prova di costipamento con energia AASHO Modificata (CNR 69 -1978) ;

Prove di controllo in fase esecutiva

L'impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo e di norma periodicamente per le forniture di materiali di impiego continuo, alle prove ed esami dei materiali impiegati e da impiegare, presso altro Laboratorio Ufficiale. I campioni verranno prelevati in contraddittorio.

Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nel competente ufficio Compartimentale previa apposizione dei sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modo più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione.

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

Prove di controllo sul piano di posa

Sul piano di posa del rilevato nonché nei tratti in trincea, si dovrà procedere, prima dell'accettazione, al controllo delle caratteristiche di deformabilità, mediante prova di carico su piastra (CNR 146-1992) e dello stato di addensamento (massa volumica in sito, CNR 22 - 1972). La frequenza delle prove è stabilita in una prova ogni 2000 mq, e comunque almeno una per ogni corpo di rilevato o trincea.

Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative dei risultati conseguiti in sede di preparazione dei piani di posa, in relazione alle caratteristiche dei terreni attraversati.

La Direzione Lavori potrà richiedere, in presenza di terreni "instabili", l'esecuzione di prove speciali (prove di carico previa saturazione, ecc.).

Il controllo della strato anticapillare sarà effettuato con le stesse frequenze per i singoli strati del rilevato.

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

Frequenza delle prove (almeno 1 ogni _____ m³)

Tipo di prova	Rilevati Autostradali				Terre Rinforzate ed Armate	
	Corpo del rilevato		Ultimo strato di spess. 30 cm			
	primi 5000 m³	successivi m³	primi 5000 m³	successivi m³	primi 5000 m³	successivi m³
Classificazione CNR-UNI 10006	500	10000	500	2500	500	5000
Costipamento AASHTO Mod. CNR	500	10000	500	2500	500	5000
Densità in sito CNR 22	250	5000	250	1000	250	1000
Carico su piastra CNR 9-70317	*	*	500	1000	1000	5000
Controllo umidità	**	**	**	**	**	**
Resistività	*	*	*	*	500	5000
pH	*	*	*	*	500	5000
Solfati e cloruri	*	*	*	*	500	5000
Solfuri	*	*	*	*	500	5000

* Su prescrizioni della Direzione Lavori;

** Frequenti e rapportate alle condizioni meteorologiche locali alle caratteristiche di omogeneità dei materiali portati a rilevato.

4.6.4.7.6 Controllo dei materiali impiegati nel miglioramento e nella stabilizzazione a calce e/o cemento

La normativa di riferimento ed i controlli relativi a detti materiali sono fissati nelle specifiche già stabilite per i rilevati, ed alle quali si rimanda. Il trattamento a calce e/o cemento richiede particolare cura nelle varie fasi della lavorazione. In caso contrario gli esiti positivi riscontrati in laboratorio, potrebbero essere decisamente compromessi.

Prove di laboratorio

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali da trattare saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- analisi granulometrica (una almeno ogni 1.000 m^3 di materiale);
- determinazione del contenuto naturale d'acqua (una ogni giorno);
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332 (una ogni giorno);

Sul materiale trattato, verranno effettuate le seguenti prove:

- Polverizzazione del materiale trattato (una ogni 500 m^2)
- CBR (dopo 7 giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua) (una ogni 500 m^2)

Prove in sito

Le caratteristiche dei materiali, posti in opera, saranno inoltre accertate mediante le seguenti prove in sito:

- Massa volumica della terra in sito (una ogni 1000 m^3)
- Prova di carico con piastra circolare (una ogni 1000 m^3)

Prove di controllo sul piano di posa

Le prove di controllo da eseguire sul piano di posa dei rilevati, sottoposto a stabilizzazione con calce e cemento, avranno la frequenza di una prova ogni 1000 m^2. Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative dei risultati conseguiti in sede di preparazione dei piani di posa, in relazione alle caratteristiche dei terreni attraversati.

Controllo dei materiali riciclati da rifiuti speciali da demolizione edile

La normativa di riferimento ed i controlli relativi a detti materiali sono fissati nelle specifiche già stabilite per i rilevati, ed alle quali si rimanda.

Prove di laboratorio

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali da trattare saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- determinazione dell'umidità ottimale di costipamento mediante prova di costipamento con procedimento AASHO modificato (CNR BU n° 69);
- determinazione della percentuale di rigonfiamento secondo le modalità previste per la prova CBR (CNR UNI 10009);
- verifica della sensibilità al gelo (CNR BU n° 80/80), condotta sulla parte di aggregato passante al setaccio 38.1 e trattenuto al setaccio 9.51 (Los Angeles classe A);
- prova di abrasione Los Angeles;. sarà ritenuto idoneo il materiale che subisce perdite inferiori al 40 % in peso;

Sarà effettuata una prova ogni 500 m^3 di materiale da porre in opera.

Prove in sito

Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove in sito:

- Massa volumica della terra in sito;
- Prova di carico con piastra circolare ;

Sarà effettuata una prova ogni 500 m^3 di materiale posto in opera.

4.6.4.7.7 Controllo dei materiali riciclati da rifiuti speciali industriali - scorie

La normativa di riferimento ed i controlli relativi a detti materiali sono fissati nelle specifiche già stabilite per i rilevati, ed alle quali si rimanda.

Prove di laboratorio

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- determinazione dell'umidità ottimale di costipamento mediante prova di costipamento con procedimento AASHO modificato (CNR BU n° 69);
- determinazione del contenuto naturale di acqua (umidità);
- analisi granulometrica ;
- determinazione dell'attività.

La determinazione del contenuto naturale di acqua (umidità) e del tenore di acqua, la granulometria e l'attività verranno determinate ogni 200 t di materiale.

Prove in sito

Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove in sito:

- Massa volumica della terra in sito;
- Prova di carico con piastra circolare ;

Sarà effettuata una prova ogni 500 m^3 di materiale posto in opera.

4.6.4.7.8 Telo Geotessile *"tessuto non tessuto"*.

Lo strato di geotessile da stendere sul piano di posa del rilevato dovrà essere del tipo non tessuto in polipropilene .

Il geotessile dovrà essere del tipo "a filo continuo" , prodotto per estrusione del polimero .

Dovrà essere composto al 100% da polipropilene di prima scelta (con esclusione di fibre riciclate), agglomerato con la metodologia dell'agugliatura meccanica, al fine di evitare la termofusione dei fili costituenti la matrice del geotessile.

Non dovranno essere aggiunte, per la lavorazione, resine o altre sostanze collanti.

Caratteristiche tecniche	POLIPROPILENE
Massa volumica (g/cm^3)	*0,90*
Punto di rammollimento (K)	*413*
4.6.4.8 Punto di fusione (K)	*443 ÷ 448*
Punto di umidità % (al 65% di umidità relativa)	*0,04*
Resistenza a trazione (N/5cm)	*1900*

Il geotessile dovrà essere imputrescibile, resistente ai raggi ultravioletti, ai solventi, alle reazioni chimiche che si instaurano nel terreno, all'azione dei microrganismi ed essere antinquinante.

Dovrà essere fornito in opera in rotoli di larghezza la più ampia possibile in relazione al modo d'impiego.

La campionatura del materiale dovrà essere fatta secondo la Norma UNI 8279/Parte 1, intendendosi per N l'unità elementare di un rotolo.

I prelievi dei campioni saranno eseguiti a cura dell'Impresa sotto il controllo della Direzione Lavori; le prove dovranno essere effettuate presso Laboratori qualificati, preliminarmente su materiali approvvigionati in cantiere, prima del loro impiego; successivamente, su materiali prelevati durante il corso dei lavori.

La qualificazione del materiale sarà effettuata mediante le prove previste dalle norme UNI e dai B.U. del CNR n° 142/92, n° 143/92, n° 144/92 e n° 145/92, riportate nella seguente tabella:

Campionatura CARATTERISTICA	RIFERIMENTO
(per N deve intendersi il rotolo o la pezza)	UNI 8279/1
Peso, in g/m^2	UNI 5114
Spessore, in mm	UNI 8279/2
Resistenza a trazione su striscia di cm 5, in N	UNI 8639
Allungamento, in %	UNI 8639
Lacerazione, in N	UNI 8279/9
Resistenza alla perforazione con il metodo della sfera, MPa	UNI 8279/11
Punzonamento, in N	UNI 8279/14
Permeabilità radiale all'acqua, in cm/s	UNI 8279/13
Comportamento nei confronti di batteri e funghi	UNI 8986
Creep nullo al 25% del carico di rottura ed un allungamento sotto carico di esercizio pari al 2%-9%	
Diametro di filtrazione, espresso in micron, corrispondente a quello del 95% in peso degli elementi di terreno che hanno attraversato il geotessile, determinato mediante filtrazione idrodinamica	

Dalle prove dovranno risultare soddisfatti i seguenti requisiti:

REQUISITO	VALORE DI RIFERIMENTO
peso (UNI 5114)	≥ 300 g/m^2
resistenze a trazione su striscia di cm 5 (UNI 8639)	> 19 kN
allungamento (UNI 8639)	> 60%
lacerazione (UNI 8279/9)	> 0,5 kN/m
punzonamento (UNI 8279/14) >	> 3,1 kN
permeabilità radiale all'acqua alla pressione di 0,002 MPa (UNI 8279/13)	> 0,8 cm/s
dimensione della granulometria passante per filtrazione idrodinamica, corrispondente a quella del 95% in peso degli elementi di terreno che attraversano il geotessile	< 100 μm

Qualora anche da una sola delle prove di cui sopra risultassero valori inferiori a quelli stabiliti, la partita verrà rifiutata e l'impresa dovrà allontanarla immediatamente dal cantiere.

La Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, potrà richiedere ulteriori prove preliminari o prelevare in corso d'opera campioni di materiali da sottoporre a prove presso Laboratori qualificati.

Il piano di stesa del geotessile dovrà essere perfettamente regolare. Dovrà essere curata la giunzione dei teli mediante sovrapposizione di almeno 30 cm nei due sensi longitudinale e trasversale.

I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con materiale da rilevato per uno spessore di almeno 30 cm.

4.7. PALANCOLE METALLICHE

Un palancolato è un diaframma realizzato mediante infissione nel terreno di profilati metallici, di sezione generalmente a forma di U aperta, i cui bordi laterali, detti gargami, sono sagomati in modo da realizzare una opportuna guida all'infissione del profilato adiacente, disposto in posizione simmetricamente rovesciata.

In genere le palancole metalliche vengono utilizzate per realizzare opere di sostegno provvisorio di scavi di modesta profondità, eseguite a contorno e a difesa degli scavi per le fondazione di pile in alveo o meno ed in qualsiasi scavo in cui necessita la completa tenuta d'acqua. In questi casi le palancole vengono recuperate, estraendole mediante impiego di un vibratore.

Meno frequente è l'impiego di palancole per realizzare opere di sostegno o di protezione a carattere definitivo.

Comunque devono rispondere alle prescrizioni del D.M. 11/3/1988 e successivi aggiornamenti e alle Norme DIN 4150, in merito ai limiti delle vibrazioni, comunicando alla D.L. i provvedimenti che intende adottare nel caso dei superamenti dei limiti stessi.

4.7.1. Tolleranze geometriche

La DL, a sua discrezione, può richiedere che l'Impresa provveda ad eseguire misure di controllo delle vibrazioni indotte, con oneri e spese relative a carico dell'Impresa stessa.

Si prescrive il rispetto delle seguenti tolleranze:

- posizione planimetrica dell'assemediano del palancolato: ± 3 cm
- verticalità: ± 2 %
- quota testa: ± 5 cm
- profondità: ± 25 cm

4.7.2. Caratteristiche tecniche

Dovranno essere utilizzati profilati aventi forma, sezione, spessore, lunghezza, conformi a quanto previsto dal progetto o, nel caso di impieghi di carattere provvisionale, comunque sufficienti a resistere alle massime sollecitazioni, sia in esercizio che durante le fasi di infissione ed estrazione.

Salvo differenti indicazioni riportate nei disegni di progetto, l'acciaio delle palancole dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- tensione di rottura $f_t = 550\ N/mm^2$
- limite elastico $f_y = 390\ N/mm^2$.

La superficie delle palancole dovrà essere convenientemente protetta con una pellicola di bitume o altro materiale protettivo. I bordi di guida dovranno essere perfettamente allineati e puliti.

4.7.3. Modalità esecutive

La realizzazione dei palancolati provvisori e definitivi richiede che vengano adottati tutti i provvedimenti necessari perchè l'opera abbia, senza eccezioni i requisiti progettuali, in particolare per quanto riguarda la verticalità, la complanarità ed il mutuo incastro degli elementi costitutivi, la capacità di resistere ai carichi laterali.

L'attrezzatura d'infissione e di estrazione avrà caratteristiche conformi a quanto definito dall'Impresa allo scopo di assicurare il raggiungimento della profondità d'infissione richiesta nel contesto stratigrafico locale e la possibilità di estrazione degli elementi non definitivi.

L'infissione sarà realizzata a percussione, utilizzando un battipalo, o tramite vibrazione, con apposito vibratore. L'estrazione sarà preferibilmente eseguita mediante vibrazione.

Il battipalo sarà di tipo scorrevole su una torre con guide fisse e perfetto allineamento verticale, con caratteristiche in accordo alle prescrizioni di progetto, se esistenti.

Si potranno impiegare battipali a vapore o diesel, in ogni caso in grado di fornire l'energia sufficiente all'infissione entro i terreni presenti nel sito, adeguatamente alle condizioni della stratigrafia locale.

La massa battente del battipalo agirà su un cuffia o testa di battuta in grado di proteggere efficacemente la palancola da indesiderate deformazioni o danni.

Per ogni attrezzatura l'Impresa dovrà fornire le seguenti informazioni:

- marca e tipo del battipalo;
- principio di funzionamento;
- energia massima di un colpo e relativa possibilità di regolazione;
- n. di colpi al minuto e relativa possibilità di regolazione;
- caratteristiche della cuffia o testa di battuta;
- peso del battipalo.

Il vibratore sarà a masse eccentriche regolabili, a funzionamento idraulico o elettrico.

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

Le palancole saranno di tipo metallico, con caratteristiche geometriche conformi alle prescrizioni di progetto.

Tipo e qualità dei materiali costituenti saranno invece corrispondenti a quanto definito al punto 2.4.1.2 del presente Capitolato.

Le palancole saranno preferibilmente infisse con l'ausilio di uno scavo guida d'invito, di dimensioni adeguate.

L'Impresa dovrà comunicare alla Direzione Lavori il programma cronologico di infissione per tutte le palancole, prima dell'inizio dell'infissione stessa.

L'infissione per battitura avverrà con l'uso di un battipalo perfettamente efficiente e proseguirà fino al raggiungimento della quota di progetto o fino al raggiungimento del rifiuto, che, se non diversamente indicato, sarà considerato raggiunto quando si misureranno, per 50 colpi di maglio, avanzamenti non superiori a 10 cm.

L'Impresa potrà, informandone la Direzione Lavori, ricorrere a delle iniezioni di acqua in pressione per facilitare il superamento di livelli granulari addensati, procurando la discesa della palancola per peso proprio con l'ausilio di una modesta battitura. Modalità, pressioni e portata del getto devono essere comunicate alla Direzione Lavori.

In caso di qualsiasi anomalia rilevata nel corso dell'infissione e comunque nel caso di mancato raggiungimento della prevista quota finale, sia nel caso di infissione per battitura che per vibrazione, l'Impresa dovrà immediatamente informare la Direzione Lavori. Le palancole appartenenti ad opere provvisorie saranno estratte associando tiro e vibrazione.

Per la fase di estrazione si compilerà una scheda analoga a quella descritta per l'infissione.

A estrazione avvenuta, la palancola sarà esaminata ed il suo stato brevemente descritto, annotando la presenza di distorsioni, deformazioni o danni.

4.7.4. Specifiche di controllo

Si dovrà verificare che gli acciai impiegati siano conformi alle prescrizioni del presente Capitolato e siano dotati dei relativi certificati per ogni lotto di fornitura.

In assenza di questi non sarà possibile mettere in opera l'elemento.

Nel corso della infissione per battitura, verrà conteggiato il numero dei colpi per avanzamenti di 1 m. In corrispondenza degli ultimi metri, se richiesto dalla Direzione Lavori, si conteggerà il numero di colpi per l'infissione di tratte successive di 10 cm.

Al termine dell'infissione, l'Impresa dovrà controllare la posizione plano-altimetrica e l'effettivo incastro laterale reciproco degli elementi.

Per ciascun elemento infisso mediante battitura o vibrazione, l'Impresa oltre al controllo delle tolleranze, dovrà redigere una scheda indicante:

- n. progressivo della palancola, riportato sulla planimetria di progetto
- dati tecnici della attrezzatura
- tempo necessario per l'infissione
- informazioni relative alla locale stratigrafia
- tabella dei colpi per l'avanzamento (ove applicabile)
- note aggiuntive su eventuali anomalie o inconvenienti

In presenza di anomalie o differenze rispetto alla stratigrafia prevista, di mancato raggiungimento della quota di progetto e qualsiasi altra anomalia, l'Impresa a comunicare ciò alla Direzione Lavori, concordando l'eventuale riesame della progettazione o gli opportuni provvedimenti.

Per la fase di estrazione si compilerà una analoga scheda, a quella descritta precedentemente, dove si verificherà l'integrità della stessa.

4.8. DIAFRAMMI IN CEMENTO ARMATO

4.8.1. Definizione e campi di impiego

Si definiscono diaframmi in c.a. opere con funzione di sostegno, di fondazione, di difesa di fondazioni di opere preesistenti o da costruire, di difese fluviali, traverse in alveo ecc., ottenute gettando il conglomerato cementizio entro cavi di forma planimetrica allungata realizzati nel terreno, di norma in presenza di fanghi bentonitici.

Tali strutture devono rispondere alle prescrizioni di cui al D.M. 11/03/1988 e successivi aggiornamenti.

I diaframmi possono costituire opere di sostegno, sia autoportanti che vincolate da puntelli o tiranti ancorati nel terreno; essi possono essere costituiti da elementi accostati, oppure staccati uno dall'altro per limitare l'ostacolo al deflusso della falda, oppure con giunti a tenuta idraulica, in modo da impedire qualunque filtrazione attraverso la parete; può essere prevista l'eventuale rifinitura della faccia a vista; la stuccatura e stilatura dei giunti con malta cementizia; la formazione di fori di drenaggio nel numero e nella posizione prescritta.

4.8.2. Soggezioni geotecniche e geoidrologiche

La tecnica di perforazione sarà di norma basata sull'impiego di fanghi bentonitici.

Nel caso di terreni uniformemente argillosi e per profondità non eccedenti i limiti indicati successivamente, la perforazione potrà essere eseguita "a secco", quindi in assenza di fango bentonitico, sempreché le condizioni permettano di escludere qualunque ingresso di acqua nel cavo.

Durante la perforazione occorrerà tener conto dell'esigenza di non peggiorare le caratteristiche meccaniche del terreno circostante il diaframma; dovranno quindi essere minimizzati:

- il rammollimento degli strati coesivi;
- la diminuzione di densità relativa degli strati incoerenti;
- la diminuzione delle tensioni orizzontali efficaci proprie dello stato naturale;
- la riduzione dell'aderenza diaframma-terreno da un improprio impiego dei fanghi.

4.8.3. Tolleranze geometriche

La posizione planimetrica dei diaframmi dovrà mantenersi nelle tolleranze indicate nel progetto.

La verticalità dovrà essere assicurata con tolleranza del 2%; nel caso di diaframmi a tenuta idraulica dovrà essere garantita una tolleranza di un valore massimo pari a S/3 L (S = Spessore; L = profondità del diaframma).

Le tolleranze ΔS sullo spessore, verificate in base ai volumi di conglomerato cementizio assorbito, sono le seguenti:

- per ciascun elemento, in base al suo assorbimento globale: $-0{,}01S \leq \Delta S \leq 0{,}1S$
- per ciascuna sezione degli elementi sottoposti a misure dell'assorbimento dose per dose (dose = autobetoniera): $-0{,}01S \leq \Delta S \leq 0{,}01S$

La profondità "L" dovrà risultare conforme al progetto ± 20 cm.

L'ordine di realizzazione dei singoli pannelli potrà essere fissato o variato a giudizio della Direzione Lavori, senza che perciò l'Impresa abbia diritto ad alcunó speciale compenso.

L'Impresa è tenuta ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della Direzione Lavori, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità al diaframma in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

4.8.4. Preparazione del piano di lavoro

L'Impresa avrà cura di accertare che l'area di lavoro non sia attraversata da tubazioni, cavi elettrici o manufatti sotterranei che se incontrati dalla perforazione possano recare danno alle maestranze di cantiere o a terzi.

Analoga attenzione dovrà essere prestata a possibili inquinamenti di superficie o della falda da parte di un'incontrollata discarica dei detriti e/o dei fanghi bentonitici.

L'Impresa dovrà predisporre, lungo il tracciato planimetrico del diaframma, due muretti guida in conglomerato cementizio debolmente armato, delle

dimensioni non inferiori a 25 cm di larghezza e 80÷100 cm di profondità dal piano di lavoro, distanti tra loro dello spessore del diaframma aumentato di 4÷6 cm, allo scopo di definire la posizione degli utensili di scavo, di assicurare un riferimento stabile per il posizionamento delle armature e di evitare il franamento del terreno nella fascia di oscillazione del livello del fango.

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

4.8.5. Perforazione

La potenza e la capacità operativa delle attrezzature dovranno in ogni caso essere adeguate alla consistenza del terreno da attraversare ed alle dimensioni dei diaframmi da eseguire nei tempi previsti.

Marcature disposte ad intervalli regolari (1m-2m) sugli organi di manovra degli utensili di scavo dovranno consentire il rapido apprezzamento della profondità alla quale gli utensili stanno operando.

La verticalità delle aste di guida rigide dovrà essere controllata da un indicatore a pendolo disposto sulle stesse.

4.8.5.1 Perforazione a secco

Può esser effettuata esclusivamente nei terreni coesivi di media o elevata consistenza (coesione non drenata > 0,03 MPa) non fessurati, esenti da intercalazioni incoerenti e non interessati da falde che possano causare ingresso di acqua nel foro; essendo le massime profondità raggiungibili in funzione della coesione non drenata del terreno, dovrà essere rispettata la seguente condizione:

$L \leq 250\ Cu$

Dove «L» è la profondità massima raggiungibile espressa in metri e «Cu» è la coesione non drenata espressa in MPa.

4.8.5.2 Perforazione in presenza di fango bentonitico

Il fango bentonitico dovrà essere preparato, trattato e controllato seguendo le modalità descritte nell'articolo specifico.

La perforazione sarà eseguita mediante benna mordente; il corpo dell'utensile dovrà lasciare uno spazio tra esso e la parete del foro di ampiezza sufficiente ad evitare "effetti pistone" allorché l'utensile è sollevato.

Gli utensili di perforazione dovranno avere conformazione tale da non lasciare sul fondo del foro detriti smossi o zone di terreno rimaneggiato.

La benna mordente sarà provvista delle aperture per la fuoriuscita del fango all'atto dell'estrazione.

Il livello del fango nel foro dovrà essere in ogni caso più alto della massima quota piezometrica delle falde presenti nel terreno lungo la perforazione.

Il franco dovrà risultare di norma non inferiore a 1,00 m e non dovrà scendere al di sotto di 0,60 m all'atto dell'estrazione dell'utensile dal foro; a tale scopo si potrà disporre di una fossa di piccola capacità accanto al foro, direttamente connessa alla sua sommità con corto canale.

Ciascun tratto di diaframma sarà eseguito in due fasi: si procederà dapprima alla perforazione ed al getto di elementi alterni e si completerà il tratto in seconda fase, con l'esecuzione degli elementi di chiusura ad avvenuta presa del conglomerato cementizio di quelli eseguiti in prima fase.

Le operazioni dovranno essere programmate e condotte in modo da evitare interazioni pregiudizievoli alla buona riuscita del lavoro tra elementi in corso di esecuzione o appena ultimati.

Il materiale di risulta dovrà essere sistematicamente portato alla discarica, previo trattamento dei fanghi bentonitici, secondo la legislazione vigente.

Qualora si accertasse l'impossibilità di fare eseguire immediatamente il getto all'ultimazione della perforazione (per sosta notturna, difficoltà di approvvigionamento del conglomerato cementizio o qualunque altro motivo), si dovrà interrompere la perforazione almeno un metro sopra alla profondità finale prevista e riprenderla successivamente, in modo da ultimarla nell'imminenza del getto.

4.8.5.3 Attraversamento di trovanti e/o formazioni rocciose

Nel caso di presenza nel terreno di trovanti lapidei, non estraibili con i normali metodi di estrazione, o di strati rocciosi o cementati e per conseguire un'adeguata immorsatura del diaframma nei substrati rocciosi di base si farà ricorso all'impiego di scalpelli frangiroccia azionati a percussione, di peso e forma adeguati.

In alternativa, ed in relazione alla natura dei materiali attraversati, potranno essere impiegate speciali attrezzature fresanti.

L'uso di queste attrezzature dovrà essere frequentemente alternato a quello della benna o del secchione, che hanno il compito di estrarre dal foro i materiali di risulta.

4.8.6. Controlli

La Direzione Lavori controllerà in fase di esecuzione del perforo la rispondenza delle stratigrafie di progetto con quelle effettive.

In presenza di eventuali discordanze o nel caso che alla base del diaframma si rinvenga un terreno più compressibile e/o molto meno resistente del previsto, o comunque altre anomalie, la Direzione Lavori ne darà notizia al Progettista, il quale procederà al riesame delle condizioni progettuali provvedendo alle opportune modifiche.

Al termine della perforazione si misurerà in contraddittorio con la Direzione Lavori la profondità del cavo operando con uno scandaglio in più punti di esso; la misura dovrà essere effettuata anche all'inizio ed al termine di eventuali prolungate interruzioni (> 2 h) delle operazioni di perforazione.

4.8.7. Armature metalliche

Le armature metalliche dovranno essere realizzate in conformità alle indicazioni di progetto e rispondere alle prescrizioni delle presenti Norme Tecniche.

Le armature trasversali saranno costituite da riquadri o staffe a più braccia, con ampio spazio libero centrale per il passaggio del tubo di getto; esse saranno di norma esterne alle armature verticali.

Le armature metalliche verticali potranno essere costituite da barre tonde oppure da barre a aderenza migliorata; verranno pre-assemblate fuori opera in «gabbie»; i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro oppure mediante punti di saldatura elettrica.

Le gabbie di armatura saranno dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo rispetto alla parete di scavo di 6 cm.

Si richiede l'adozione di rotelle cilindriche in conglomerato cementizio (diametro 12÷15 cm, larghezza > 6 cm) con perno in tondino metallico fissato a due ferri verticali contigui. I centratori saranno posti a gruppi di 3÷4 regolarmente distribuiti sul periodo e con spaziatura verticale di 3,0÷4,0 m.

Non si ammette la distribuzione delle barre verticali su doppio strato; l'intervallo netto minimo tra barra e barra, misurato lungo il perimetro che ne unisce i centri, non dovrà in nessun caso essere inferiori a 7,5 cm con aggregati inferiori ai 2 cm e a 10 cm con aggregati di classe superiore.

Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine, messe in opera prima dell'inizio del getto mantenute in posto sostenendole dall'alto, evitando in ogni caso di appoggiarle sul conglomerato cementizio già in opera o sul fondo del cavo.

4.8.8. Getto

4.8.8.1 Preparazione e trasporto del conglomerato cementizio

Il conglomerato cementizio sarà confezionato da apposita centrale di preparazione atta al dosaggio a peso dei componenti. S'impiegheranno almeno tre classi di aggregati; le classi saranno proporzionate in modo da ottenere una curva granulometrica che soddisfi il criterio della massima densità (curva di Fuller).

La dimensione massima degli aggregati dovrà essere inferiore al valore minimo di interspazio tra le armature e comunque non superiore a 40 mm.

Il conglomerato cementizio dovrà avere la resistenza caratteristica di progetto e comunque non dovrà risultare di classe inferiore a 25/30 MPa.

Il rapporto acqua/cemento non dovrà superare il valore di 0,50 nella condizione di aggregato saturo a superficie asciutta.

La lavorabilità dovrà essere tale da dare uno «slump» al cono di Abrams compresa fra 16 e 18 cm; per le modalità da seguire nello «Slump Test» per la determinazione dell'abbassamento, si richiama espressamente quanto prescritto nella norma UNI 9418/89.

Per soddisfare entrambi questi requisiti potrà essere aggiunto all'impasto un idoneo additivo superfluidificante non aerante; è ammesso altresì l'uso di ritardanti di presa o superfluidificanti con effetto ritardante.

I prodotti commerciali che l'Impresa si propone di usare dovranno essere sottoposti all'esame ed all'approvazione preventiva della Direzione Lavori.

I mezzi di trasporto dovranno essere tali da evitare segregazioni dei componenti.

Il conglomerato cementizio dovrà essere confezionato e trasportato con un ritmo tale da consentire di completare il getto di ciascun elemento di diaframma senza soluzione di continuità e nel più breve tempo possibile; in ogni caso ciascun getto dovrà essere alimentato con una cadenza effettiva, inclusi tutti i tempi morti, non inferiore a 20 m³/h.

La centrale di confezionamento dovrà quindi consentire l'erogazione nell'unità di tempo di volumi di conglomerato cementizio almeno doppi di quello sopra indicato.

4.8.8.2 *Posa in opera del conglomerato cementizio*

Il conglomerato cementizio sarà posto in opera impiegando un tubo di convogliamento costituito da elementi non più lunghi di 2,50 m di un tubo di acciaio avente diametro interno di 20÷25 cm.

L'interno dei tubi sarà pulito, privo di irregolarità e strozzature.

Il tubo sarà provvisto, all'estremità superiore, di una tramoggia di carico avente una capacità di 0,4÷0,6 m³, mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento.

Prima di installare il tubo di convogliamento sarà eseguita un'ulteriore misura del fondo cavo.

Per diaframmi eseguiti in presenza di fango bentonitico, il tubo di convogliamento sarà posto in opera arrestando il suo piede a 30÷60 cm dal fondo della perforazione.

Prima di iniziare il getto si disporrà entro il tubo in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo formato da una palla di malta plastica oppure da uno strato di 30 cm di spessore di vermiculite granulare o di palline di polistirolo galleggianti sul liquido, oppure ancora da un pallone di plastica.

All'inizio del getto si dovrà disporre di un volume di conglomerato cementizio pari a quello del tubo getto di almeno 3÷4 m di diaframma.

Il tubo di convogliamento sarà accorciato per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando un'immersione minima nel conglomerato cementizio di 2,5 m e massima di 6,0 m. Per diaframmi perforati a secco non occorre alcun tappo alla sommità del tubo-getto.

Nei casi in cui sia richiesta l'impermeabilità del diaframma o la collaborazione statica tra gli elementi che lo compongono, i giunti tra gli elementi dovranno essere opportunamente conformati.

A tale scopo prima del getto degli elementi primari, si poseranno ai due estremi del pannello da gettare e per tutta la profondità due casseforme metalliche a sezione circolare (o di diversa sezione opportunamente sagomata ed approvata dalla Direzione Lavori).

A presa iniziata, si provvederà ad estrarre per 2÷3 cm le casseforme mediante un'opportuna attrezzatura oleodinamica, ripetendo l'operazione in tempi successivi qualora le dimensioni dell'elemento comportino durate del getto notevoli e quindi tempi di presa scaglionati per le diverse fasce di profondità di ciascun elemento.

A presa ultimata per tutto il pannello si provvederà all'estrazione completa delle casseforme.

La superficie esterna delle casseforme dovrà essere continua, liscia, priva di incrostazioni ed all'occorrenza spalmata di un prodotto disarmante, in modo da permettere l'esecuzione agevole delle operazioni sopra indicate, senza danni per il getto.

È inoltre precisata la necessità assoluta che la scapitozzatura delle teste dei diaframmi sia eseguita sino alla completa eliminazione di tutti i tratti in cui le caratteristiche del diaframma non rispondono a quelle previste.

In tal caso è onere dell'Impresa procedere al ripristino del diaframma sino alla quota di sottoplinto o alla quota testa diaframma di progetto.

Nel caso che, durante l'eventuale scopertura del paramento in vista del diaframma, si riscontrassero difetti di esecuzione (quali soluzioni di continuità nel conglomerato, non perfetta tenuta dei giunti di collegamento, ecc.), sarà onere dell'Impresa adottare a sua cura e spese i provvedimenti che saranno necessari a giudizio insindacabile della Direzione Lavori.

4.8.9. Controlli

L'Impresa a sua cura e spesa e sotto il controllo della Direzione Lavori dovrà provvedere all'esecuzione di:

- un'analisi granulometrica ogni 500 m³ di aggregato impiegato;
- una serie di prove di carico a rottura su cubetti di conglomerato cementizio prelevati in numero e con modalità conformi a quanto prescritto nelle presenti Norme Tecniche, ed inoltre quanto richiesto dalla Direzione Lavori;
- una prova con il cono di ABRAMS per ogni betoniera o 8 m³ di conglomerato cementizio impiegato;
- il rilievo della quantità di conglomerato cementizio impiegato per ogni elemento di diaframma;
- ogni 10 elementi ed ogni qualvolta la Direzione Lavori lo richieda, il rilievo dose per dose (dose = autobetoniera) del livello del conglomerato cementizio entro il foro in corso di getto, in modo da poter ricostruire l'andamento dello spessore medio effettivo lungo il diaframma (profilo di getto); s'impiegherà allo scopo uno scandaglio a base piatta.

4.8.10. Documentazione dei lavori

L'esecuzione di ogni elemento di diaframma dovrà comportare la registrazione su apposita scheda, compilata dall'Impresa in contraddittorio con la Direzione Lavori, dei seguenti dati:

- identificazione del diaframma;
- data di inizio perforazione e di fine getto;
- risultati dei controlli eseguiti sul fango eventualmente usato per la perforazione;
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione;
- profondità del fondo cavo prima della posa del tubo getto;
- «Slump» del conglomerato cementizio;
- assorbimento totale effettivo del conglomerato cementizio e volume teorico dell'elemento diaframma;
- «profilo di getto» ove richiesto;
- risultati delle prove di rottura a compressione semplice di provini di conglomerato cementizio.

Alla documentazione generale dovrà inoltre essere allegata:

- una scheda con le caratteristiche delle polveri bentonitiche e relativi additivi eventualmente usati;
- caratteristiche geometriche costruttive degli eventuali giunti;
- una scheda con le caratteristiche dei componenti del conglomerato cementizio.

Tale scheda dovrà essere riportata su apposito modello che dovrà essere trasmesso dall'Impresa alla Direzione Lavori.

4.8.11. Prove tecnologiche preliminari

Prima di dare inizio ai lavori, la metodologia esecutiva dei diaframmi, quale proposta dall'Impresa, dovrà essere messa a punto dalla stessa mediante l'esecuzione di un adeguato numero di elementi di diaframma di prova.

Il numero degli elementi di diaframma di prova saranno in ragione dello 0,5% del numero totale degli elementi di diaframma di progetto, con un minimo di uno.

Gli elementi di prova dovranno essere eseguiti in aree limitrofe a quelle interessanti i diaframmi di progetto e comunque rappresentative dal punto di vista geotecnico idrogeologico.

Gli elementi di prova dovranno essere eseguiti alla presenza della Direzione Lavori cui spetta l'approvazione delle modalità esecutive da adottarsi per gli elementi di progetto.

Nel caso di diaframmi aventi funzione portante verticale, gli elementi di prova saranno sottoposti: a prove di carico così come previsto dal D.M. del 11/03/1988, spinte fino a portare a rottura il complesso diaframma-terreno, per determinare il carico limite del diaframma e costruire significativi diagrammi dei cedimenti in funzione dei carichi e dei tempi; a prove di controllo non distruttive e ad ogni altra prova o controllo, tali da dirimere ogni dubbio sull'accettabilità delle modalità esecutive.

Nel caso l'Impresa proponga di variare nel corso dei lavori la metodologia esecutiva sperimentata ed approvata inizialmente, si dovrà dar corso sempre a sua cura e spese, a tutte quelle prove tecnologiche sopra descritte.

Di tutte le prove e controlli eseguiti l'Impresa si farà carico di presentare documentazione scritta.

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.

4.8.12. Prove di controllo sugli elementi di diaframma

4.8.12.1 Prove di carico per i soli elementi di diaframma con funzione portante verticale

Il numero di elementi da sottoporre alla prova di carico deve essere stabilito in base all'importanza dell'opera ed al grado di omogeneità del sottosuolo; tale numero deve essere pari ad almeno il 2% del totale del numero degli elementi, con un minimo di due.

La scelta degli elementi di prova è di competenza della Direzione Lavori che tra l'altro dovrà tener presente la necessità di interessare le diverse situazioni del sottosuolo, evitandone la concentrazione.

Il carico di prova sarà in genere pari a 1,5 volte il carico di esercizio.

Al momento della prova il conglomerato cementizio del diaframma dovrà avere almeno ventotto giorni di stagionatura.

Le modalità di applicazione e la durata del carico e così pure la successione dei cicli di carico e di scarico, saranno prescritti dalla Direzione Lavori anche in funzione della natura dei terreni di fondazione.

Il carico sarà applicato mediante un martinetto che trova contrasto su un'adeguata zavorra o elementi di diaframma di reazione, il cui manometro (o cella di carico) dovrà essere corredato da un certificato di taratura di data non anteriore a trenta giorni.

Le misure dei cedimenti dovranno essere rilevate mediante 4 micrometri centesimali, interposti tra la testa dell'elemento di diaframma e una struttura porta micrometri solidale al terreno in punti sufficientemente distanti dall'elemento di prova e dal sistema di contrasto, così da evitare l'influenza delle operazioni di carico e scarico.

I supporti di tale struttura devono distare non meno di 3,0 m dall'elemento di diaframma di prova e non meno di 3 volte lo spessore dell'elemento di prova, e non meno di 2,0 m dall'impronta della zavorra o da elementi di diaframma di reazione.

La struttura portamicrometri dovrà essere protetta da vibrazioni e urti accidentali e schermata dai raggi solari per minimizzare le deformazioni di natura termica.

Di ciascuna prova dovrà essere redatto apposito verbale, controfirmato dalle parti, nel quale saranno riportati tra l'altro: data e ora di ogni variazione di carico, entità del carico, le letture ai micrometri e il diagramma di carichi-cedimenti. Al verbale saranno allegati i certificati di taratura del manometro (o cella di carico).

In taluni casi la Direzione Lavori potrà richiedere l'esecuzione di prove di carico orizzontali; date le peculiarità della prova le modalità esecutive e il programma di carico dovranno essere di volta in volta stabilite dalla Direzione Lavori e riportate sul verbale di prova.

4.8.12.2 Controlli non distruttivi

Scopo dei controlli non distruttivi è quello di verificare le caratteristiche geometriche e meccaniche degli elementi di diaframma non compromettendone l'integrità strutturale.

A tale scopo potrà essere richiesta l'esecuzione di:

a) prove geofisiche;

b) carotaggio continuo meccanico;

c) scavi attorno al fusto dell'elemento di diaframma.

Per tutti i controlli non distruttivi l'Impresa provvederà a sottoporre alla Direzione Lavori per approvazione il programma e le specifiche tecniche di dettaglio.

4.8.12.3 Prove geofisiche

Possono essere eseguite mediante emissione di impulsi direttamente lungo il fusto entro fori precedentemente predisposti.

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

Gli elementi di diaframma da sottoporre a controllo mediante prove geofisiche saranno prescelti dalla Direzione Lavori.

L'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese e sotto il controllo della Direzione Lavori, all'esecuzione di controlli su almeno il 5% del numero totale degli elementi di diaframma con un minimo di 2.

Sugli elementi prescelti per le prove dovrà essere predisposta, prima delle operazioni di getto, l'installazione di tubi estesi a tutta la profondità dell'elemento, entro cui possano scorrere le sondine di emissione e ricezione.

I tubi saranno solidarizzati alla gabbia di armatura, resi paralleli tra loro e protetti dall'ingresso di materiale. Le prove dovranno essere eseguite alternando entro i fori le posizioni delle sonde trasmittente e ricevente.

4.8.12.4 Carotaggio continuo meccanico

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

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

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

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

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

Il carotaggio si eseguirà, a cura e spese dell'Impresa, in corrispondenza di quegli elementi di diaframma ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle presenti Norme Tecniche di Appalto e alle disposizioni della Direzione Lavori.

4.8.12.5 Scavi attorno al fusto del diaframma

Saranno richiesti dalla Direzione Lavori, ogni qualvolta si nutrano dubbi sulla verticalità e regolarità della sezione nell'ambito dei primi 4,0 - 5,0 m di diaframma. Il fusto del diaframma dovrà essere messo a nudo e pulito con un violento getto d'acqua e reso accessibile all'ispezione visiva.

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

Tali operazioni saranno eseguite, a cura e spese dell'Impresa e sotto il controllo della Direzione Lavori, in corrispondenza di quegli elementi del diaframma ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle presenti Norme Tecniche di Appalto e alle disposizioni della Direzione Lavori.

4.9. DIAFRAMMI PLASTICI

4.9.1. Oggetto e campi di applicazione

La presente normativa definisce le modalità esecutive, le caratteristiche delle miscele plastiche da utilizzare ed i controlli da eseguire per la realizzazione di schermi impermeabili continui.

4.9.2. Materiali

I fanghi bentonitici da utilizzare per lo scavo e la formazione dei diaframmi plastici, dovranno rispondere rigorosamente alle prescrizioni delle presenti Norme Tecniche.

4.9.3. Modalità esecutive dei diaframmi plastici

4.9.3.1 Scavo del diaframma

Per lo scavo di uno schermo impermeabile continuo dovranno essere rispettate le seguenti fasi operative:

- scavo degli elementi primari;
- scavo di elementi intermedi con ravvivamento della superficie verticale relativa alle estremità dei pannelli primari.

Con la realizzazione dei pannelli intermedi della seconda fase, si realizzerà così un diaframma impermeabile continuo senza giunti. La sovrapposizione degli elementi dovrà essere compresa tra 20 e 40 cm per lato, per diaframmi di profondità da 15 a 50 m.

4.9.3.2 Fluido di perforazione

Lo scavo dei singoli elementi sarà eseguito utilizzando quale fluido di perforazione e di sostegno dello scavo, la stessa miscela plastica autoindurente che rimarrà in opera quale elemento costitutivo dello schermo impermeabile.

In casi particolari, quali quello di scavi molto profondi, sarà necessario eseguire la perforazione in presenza di fango bentonitico da sostituire, a fine scavo, con la miscela plastica autoindurente.

4.9.3.3 Caratteristiche del fango autoindurente

Il fango autoindurente da utilizzarsi per la realizzazione di schermi impermeabili dovrà essere costituito da una miscela *acqua-cemento-bentonite* con rapporti tra i tre componenti variabili solitamente tra i seguenti campi:

Rapporto cemento-acqua	0,18-0,30 (in peso)
Rapporto bentonite-acqua	0,05-0,07 (in peso)

Per la realizzazione dello schermo impermeabile dovrà essere utilizzato il seguente dosaggio a metro cubo di miscela:

acqua	900-950 litri
cemento	200-210 kg

bentonite	50-55 kg

Tale miscela è caratterizzata dai seguenti parametri:

Densità	1,16-1,17 t/m³
Viscosità Marsh	39-41 sec
Resa volumetrica	98-99 %
Resistenza a compressione semplice	6,72 a 28 d
Deformazione a rottura	0,92 %
Modulo al 50%	1497,00 kg/cm³
Modulo a rottura	767,00 kg/cm³
Permeabilità	2,66 x 10^{-6} a 7 d
	1,00 x 10^{-7} a 70 d in situ

In terreni aridi sarà buona norma aggiungere a tale miscela idonei additivi mirati ad evitare la perdita di acqua con conseguente degrado delle caratteristiche finali della miscela.

4.9.4. Controlli da eseguirsi sulla miscela plastica

I controlli e le prove da eseguirsi sulle miscele plastiche da impiegare per la realizzazione di schermi impermeabili saranno essenzialmente quelli riportati ai punti che seguono.

4.9.4.1 Resa volumetrica

Il controllo della resa volumetrica sarà effettuato mediante prove di decantazione da eseguirsi versando la miscela entro idonei cilindri graduati da 500 o 1000 cm³.

Il recipiente, riempito sino alla tacca corrispondente a 500 o 1000 cm³ sarà sigillato ermeticamente e lasciato in quiete.

La sigillatura potrà essere realizzata coprendo il recipiente con foglio di plastica leggera tipo cellofan, bloccato sui bordi con del nastro adesivo plastificato.

Ad intervalli prefissati, solitamente 1-2-4-24 h si procederà alla lettura, direttamente sulla scala graduata del cilindro, del volume di acqua libera e di conseguenza della resa volumetrica in % della miscela.

4.9.4.2 Viscosità della miscela

La determinazione della viscosità della miscela si effettua per mezzo del viscosimetro (imbuto) Marsh; recipiente a forma di cono dimensionato in accordo alla normativa API.

La misurazione si effettua calcolando il tempo di efflusso dall'imbuto, di 946 cm³ di fluido.

Per viscosità Marsh si intende tale l'asso di tempo espresso in secondi.

La taratura dello strumento si effettua con acqua a 20 °C e per un volume di 946 cm³, il valore di riferimento del tempo di efflusso del suddetto volume è 28 s.

- Prova di resistenza alla compressione semplice
- Modalità di prelievo dei campioni
- Prelievo dalla centrale di produzione

Il prelievo andrà eseguito a monte della tubazione di mandata e si eseguiranno le seguenti prove:

1 determinazione del peso di volume;

2 determinazione della viscosità;

3 determinazione della resa volumetrica;

4 preparazione di tre fustelle diam. 50 x 200 mm da sottoporre a prova di carico a rottura.

Le fustelle saranno siglate e registrate in apposito registro.

4.9.4.3 Prelievo dallo scavo

Il prelievo potrà essere direttamente eseguito tramite idoneo campionatore alla quota desiderata all'interno del pannello già scavato.

La procedura da seguire per le prove e la preparazione delle fustelle è la medesima di quella indicata al punto precedente per il prelievo alla centrale di produzione.

4.9.4.4 Maturazione

La maturazione dei campioni di miscela plastica preparata nelle fustelle di cui sopra avverrà in idoneo ambiente, solitamente una vasca con termostato, rispettando ad ogni modo, le seguenti prescrizioni:

1 umidità relativa pari a 90 100%;

2 temperatura pari a circa 20 °C.

Nel caso di temperatura ambiente molto elevata, si consiglia di porre la vasca con termostato in ambiente attrezzato con condizionatore aria.

4.9.4.5 Preparazione provini cilindrici

Le prove a schiacciamento andranno eseguite su campioni cilindrici di diametro solitamente pari a 50 mm ed altezza doppia del diametro.

Sulle facce destinate alla prova è ammessa una tolleranza di planarità di 0,05 mm.

In caso contrario si dovrà procedere alla loro spianatura.

Quest'ultima sarà eseguita:

- mediante rettifica su apposita macchina per mezzo di mole o dischi di carburo di silicio o diamantati;
- mediante applicazione di pasta di cemento o gesso, o di miscela di zolfo e sabbia o di altro materiale idoneo.

Nell'ultimo caso esposto lo strato di spianatura deve essere il più sottile ed il più possibile aderente alla massa del provino.

La spianatura deve essere ripetuta se, al momento della prova, le facce spianate presentano errore di planarità maggiore di 0,05 mm.

4.9.4.6 Apparecchiatura

Per la rottura dei provini si utilizzano prese progettate espressamente per prove su materiali poco deformabili.

L'apparecchio misuratore dovrà permettere la valutazione istantanea del carico per ciascuna delle scale della macchina di prova con precisione dell'1%.

Nel caso in cui la rottura del provino avvenisse sotto un carico minore di 1/5 della portata della macchina o (nel caso di macchine con più scale) della scala di carico in atto, la prova non deve essere considerata attendibile.

4.9.4.7 Procedimento

Il provino, preparato come ai punti precedenti, andrà pesato con precisione pari all'1% e posto sul piatto della macchina.

Non è ammessa alcuna interposizione di strati di materiale deformabile (cartone, feltro, piombo ecc.) tra i piatti della macchina e le facce del provino.

Deve essere curata in particolare modo la centratura del provino sul piatto inferiore della pressa.

Il piatto superiore deve quindi essere accostato al provino, ma la completa aderenza andrà ottenuta sollevando lentamente il piatto inferiore, in modo da consentire l'accostamento dello snodo sferico.

Il carico dovrà essere applicato gradualmente e senza urti con velocità dell'ordine di 0,635 mm/minuto.

4.9.4.8 Resoconto della prova

Nel resoconto della prova si dovranno riportare:

a - numero di identificazione del provino;

b - data di preparazione del provino e tempo di stagionatura;

c - eventuale operazione di spianatura del provino;

d - data della prova;

e - dimensioni in cm e sezione in cm²;

f - massa del provino in kg;

g - resistenza a compressione in kg/cm² (N/mm²);

h - tipo di rottura;

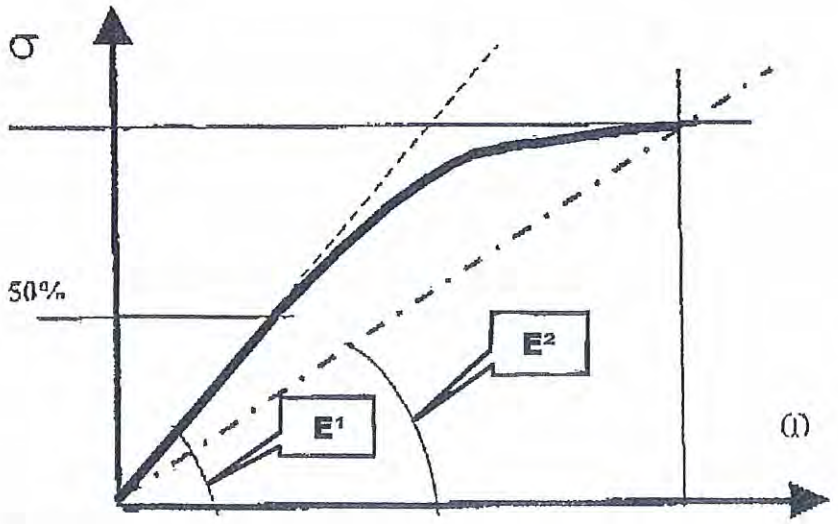
i - eventuali difetti del provino o della prova.

4.9.5. Definizione della deformabilità della miscela plastica

La determinazione del modulo di compressione E_1 si esegue con riferimento al modulo secante ottenuto in corrispondenza del 50% della tensione di rottura previo scarto, ove necessario, della parte del diagramma tensione-deformazione che deriva da comportamenti marcatamente anomali del campione di prova.

Il comportamento plastico della miscela si valuta dal rapporto **E_2/R** tra il modulo di compressione semplice secante a rottura **(E_2)** ed il valore della resistenza alla compressione semplice a 28 d **(R)**.

I valori E_2 e R sono ricavati dai diagrammi carico-cedimento relativi alla prova a compressione ad espansione laterale libera di cui sopra.



CURVA CARICO-CEDIMENTO DA PROVA A ROTTURA E.L.L.

4.9.6. Determinazione della permeabilità

La determinazione della permeabilità sarà effettuata per mezzo di un "Permeametro".

L'attrezzatura è composta da una cella tipo filtropressa, in grado di contenere un campione di 10, 16 cm di diametro ed altezza 10, 16 cm.

La cella è collegata superiormente ad una colonna e ad un contenitore d'acqua in grado di garantire un battente idraulico dell'ordine dei tre, quattro metri.

Inferiormente, attraverso uno scarico realizzato sul fondo del contenitore, la cella è collegata ad un recipiente graduato per la raccolta dell'acqua filtrata.

In mancanza di un Permeametro, la prova potrà essere eseguita anche mediante un Edometro, con la metodologia descritta al successivo paragrafo

8.5.6.1.

4.9.6.1 *Preparazione del campione per la prova*

Il campione cilindrico, di diametro solitamente 10, 16 cm ed altezza pari a 10, 16 cm, è posto all'interno della cella, dopo aver ricoperto la sua superficie laterale con paraffina onde garantire il contatto con le pareti laterali della cella.

La cella è quindi chiusa ermeticamente e collegata alla colonna di carico idraulico.

Nel caso in cui il fondo della cella non sia sagomato per garantire un rapido efflusso dell'acqua filtrata, occorre disporre al disotto del provino una griglia atta a facilitare lo smaltimento del liquido filtrato.

4.9.6.2 *Modalità di prova*

La prova si esegue semplicemente lasciando filtrare attraverso il provino un'idonea quantità d'acqua in funzione della prevista permeabilità del campione. La determinazione della permeabilità del campione si esegue infatti utilizzando la seguente relazione:

$$K = q/i \times A$$

dove:

K = permeabilità (cm/sec);

Q = volume d'acqua filtrata (cm^3/sec);

I = H/h gradiente idraulico pari al rapporto tra il battente idraulico (H) e lo spessore del provino (h);

A = sezione del provino (cm^2).

4.9.7. Modalità di pagamento

Nel prezzo del diaframma plastico a parete continua lineare impermeabile, realizzato a pannelli, sarà compreso:

- lo scavo in terreni di qualsiasi natura e consistenza, asciutti o bagnati, inclusi i trovanti in roccia dura estraibili con i normali metodi di scavo;
- il trasporto a discarica del materiale di risulta;
- l'onere della fornitura, miscelazione e riempimento dello scavo con miscele autoindurenti;
- l'eventuale scavo a vuoto.

4.10. PALI DI FONDAZIONE

4.10.1. Generalità

I pali nel seguito considerati sono:

- *Pali di medio e grande diametro*

  Dal punto di vista esecutivo, possiamo identificare le seguenti tipologie:

  - Pali trivellati
  - Pali trivellati ad elica continua

- *Micropali*

  Con tale denominazione devono essere intesi, i pali trivellati aventi diametro ≤ 250 mm costituiti da malte o miscele cementizie e da idonee armature d'acciaio.

  Dal punto di vista esecutivo, possiamo identificare le seguenti tipologie, a seconda delle modalità di connessione al terreno:

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

4.10.2. Definizioni

a) Pali trivellati

Con tale denominazione si vengono ad identificare i pali realizzati per asportazione del terreno e sua sostituzione con calcestruzzo armato. Durante la perforazione la stabilità dello scavo può essere ottenuta con l'ausilio di fanghi bentonitici o altri fluidi stabilizzanti, ovvero tramite l'infissione di un rivestimento metallico provvisorio.

b) Pali trivellati ad elica continua

Con tale denominazione si vengono ad identificare, i pali realizzati mediante infissione per rotazione di una trivella ad elica continua e successivo getto di calcestruzzo, fatto risalire dalla base del palo attraverso il tubo convogliatore interno all'anima dell'elica, con portate e pressioni controllate.

L'estrazione dell'elica avviene contemporaneamente alla immissione del calcestruzzo.

c) Micropali

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

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

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

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

L'armatura metallica può essere costituita da:

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

4.10.3. Normative di riferimento

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

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

4.10.4. Prove tecnologiche preliminari

Prima di dare inizio ai lavori la metodologia esecutiva o di posa in opera dei pali, quale proposta dall'Impresa, dovrà essere messa a punto dalla stessa mediante l'esecuzione di un adeguato numero di pali prova.

I pali prova, a cura e spese dell'Impresa, saranno eseguiti in ragione dello 0,5% del numero totale dei pali con un minimo di un palo prova e comunque secondo le prescrizioni della Direzione Lavori.

I pali di prova dovranno essere eseguiti in aree limitrofe a quelle interessanti la palificata di progetto e comunque rappresentative dal punto di vista geotecnico e idrogeologico.

I pali di prova dovranno essere eseguiti, o posti in opera, alla presenza della Direzione Lavori cui spetta l'approvazione delle modalità esecutive da adottarsi per i pali di progetto.

In ogni caso l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, all'esecuzione di tutte quelle prove di controllo che saranno richieste dalla Direzione Lavori quali: prove di carico eseguite come da D.M. dell'11/03/1988, spinte fino a portare a rottura il complesso palo-terreno per determinare il carico limite del palo e costruire significativi diagrammi dei cedimenti della testa del palo in funzione dei carichi e dei tempi; a prove di controllo non distruttive ed ad ogni altra prova o controllo tali da dirimere ogni dubbio sulla accettabilità delle modalità esecutive.

Nel caso l'Impresa proponga di variare nel corso dei lavori la metodologia esecutiva sperimentata ed approvata inizialmente, si dovrà dar corso sempre a sua cura e spese alle prove tecnologiche sopradescritte. Di tutte le prove e controlli eseguiti l'Impresa si farà carico di presentare documentazione scritta.

La mancata presentazione della documentazione preliminare comporta la non autorizzazione all'inizio della esecuzione dei lavori, né saranno accettate eventuali lavorazioni svolte prima dell'approvazione delle modalità esecutive.

4.10.5. Preparazione del piano di lavoro

L'Impresa avrà cura di accertare che l'area di lavoro non sia attraversata da tubazioni, cavi elettrici o manufatti sotterranei che, se incontrati durante l'infissione, possano recare danno alle maestranze di cantiere o a terzi.

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

4.10.6. Micropali

4.10.7. Definizione, classificazione e campi di applicazione

Si definiscono micropali i pali trivellati di fondazione aventi diametro inferiore a 250 mm con fusto costituito da malta o pasta di cemento gettata in opera e da idonea armatura di acciaio.

Modalità ammesse per la formazione del fusto:

- tipo a) Riempimento a gravità;
- tipo b) Riempimento a bassa pressione;
- tipo c) Iniezione ripetuta ad alta pressione.

Tali modalità sono da applicare rispettivamente:

- **tipo a)**, per micropali eseguiti in roccia o terreni coesivi molto compatti il cui modulo di deformazione a breve termine superi orientativamente i 200 MPa;
- **tipo b) e c)**, per micropali eseguiti in terreni di qualunque natura, caratterizzati da un modulo di deformazione a breve termine sensibilmente inferiore a 200 MPa.

In particolare la modalità tipo c) è da eseguire in terreni fortemente eterogenei e per conseguire capacità portanti elevate (> 30 t) anche in terreni poco addensati.

4.10.8. Soggezioni geotecniche e idrogeologiche

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

La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere messi a punto, a cura e spese dell'Impresa, mediante l'esecuzione di micropali di prova, approvati dalla Direzione Lavori prima dell'inizio della costruzione dei micropali.

Di tutte le prove e controlli eseguiti l'Impresa si farà carico di presentare documentazione scritta.

La mancata presentazione della documentazione preliminare comporta la non autorizzazione all'inizio della esecuzione dei lavori, né saranno accettate eventuali lavorazioni svolte prima dell'approvazione delle modalità esecutive.

4.10.9. Tolleranze geometriche

Le tolleranze ammesse sono le seguenti:

- la posizione planimetrica non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm, salvo diverse indicazioni della Direzione Lavori;
- la deviazione dell'asse del micropalo rispetto all'asse di progetto non dovrà essere maggiore del 2%;
- la sezione dell'armatura metallica non dovrà risultare inferiore a quella di progetto;
- il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di perforazione di progetto.

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

4.10.10. Tracciamento

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

Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del micropalo quale risulta dalla pianta della palificata.

Tale pianta, redatta e presentata alla Direzione Lavori dall'Impresa esecutrice, dovrà indicare la posizione planimetrica di tutti i micropali, inclusi quelli di prova, contrassegnati con numero progressivo.

4.10.11. Perforazione

La perforazione, eseguita mediante rotazione o rotopercussione in materie di qualsiasi natura e consistenza (inclusi murature, calcestruzzi, trovanti e roccia dura), anche in presenza d'acqua, deve essere in generale condotta con modalità ed utensili tali da consentire la regolarità delle successive operazioni di getto; in particolare dovrà essere minimizzato il disturbo del terreno nell'intorno del foro.

Il tipo b) necessita che la perforazione sia eseguita con posa di rivestimento provvisorio per tutta la profondità del palo.

Per i tipi a) e c) la perforazione potrà essere eseguita con o senza rivestimento provvisorio, a secco o con circolazione di acqua o di fango di cemento e bentonite, in funzione dell'attitudine delle formazioni attraversate a mantenere stabili le pareti del foro e previa approvazione della Direzione Lavori.

Il fango di cemento e bentonite sarà confezionato adottando i seguenti rapporti in peso:

- bentonite/acqua: 0,05 - 0,08;
- cemento/acqua: 0,18 - 0,23.

In ogni caso la perforazione sottofalda in terreni con strati o frazioni incoerenti medio-fini (sabbie, sabbie e limi) non dovrà essere eseguita con circolazione di aria per evitare il violento emungimento della falda a seguito dell'effetto eiettore ed il conseguente dilavamento del terreno.

A termine della perforazione il foro dovrà essere accuratamente sgombrato dai detriti azionando il fluido di circolazione o l'utensile asportatore, senza operare con l'utensile disgregatore. Il materiale di risulta dovrà essere portato a rifiuto dopo aver trattato i fanghi secondo le leggi vigenti.

L'ordine di esecuzione dei pali nell'ambito di ciascun gruppo dovrà assicurare la non interferenza delle perforazioni con fori in corso di iniezione o in attesa di riempimento, ove occorra anche spostando la perforatrice su gruppi contigui prima di ultimare la perforazione dei micropali del gruppo in lavorazione.

4.10.12. Confezione e posa delle armature

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

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

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

Quando previsto dal progetto si potranno adottare micropali armati con un'unica barra senza spirale. In ogni caso le armature saranno corredate da distanziatori non metallici (blocchetti di malta o elementi di materia plastica) idonei ad assicurare un copriferro minimo di 1,5 cm disposti a intervalli longitudinali non superiore a 2,5 m.

4.10.14. Armature tubolari

Si useranno tubi di acciaio Fe 510, senza saldatura longitudinale del tipo per costruzioni meccaniche.

Le giunzioni tra i diversi spezzoni di tubo dovranno essere ottenute mediante manicotti filettati.

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

Le valvole saranno costituite da manicotti di gomma di spessore minimo 3,5 mm, aderenti al tubo e mantenuti in posto mediante anelli in fili d'acciaio (diametro 4 mm) saldati al tubo in corrispondenza dei bordi del manicotto.

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

Anche le armature tubolari dovranno essere dotate di distanziatori non metallici per assicurare un copriferro minimo di 1,5 cm, posizionati di preferenza sui manicotti di giunzione.

4.10.15. Formazione del fusto del micropalo

La formazione del fusto dovrà iniziare in una fase immediatamente successiva alla perforazione di ciascun palo.

In caso contrario la perforatrice resterà in posizione fino alla successiva ripresa del lavoro e provvederà quindi alla pulizia del perforo subito prima che inizino le operazioni di posa delle armature e di getto della malta.

In ogni caso non dovrà trascorrere più di un'ora tra il termine della perforazione e l'inizio del getto della malta. Fanno eccezione solo i micropali perforati interamente in roccia, senza presenza di franamenti e di acqua nel perforo.

Viene inoltre precisata la necessità assoluta che la scapitozzatura delle teste dei pali sia eseguita sino alla completa eliminazione di tutti i tratti in cui le caratteristiche del micropalo non rispondono a quelle previste.

In tal caso è onere dell'Impresa procedere al ripristino del palo sino alla quota di sottoplinto.

4.10.16. Riempimento a gravità

Il riempimento del perforo, dopo la posa delle armature, dovrà avvenire tramite un tubo di alimentazione disceso fino a 10÷15 cm dal fondo e dotato superiormente di un imbuto o tramoggia di carico.

Il riempimento sarà proseguito fino a che la malta immessa risalga in superficie scevra di inclusioni e miscelazioni con il fluido di perforazione.

Si attenderà per accertare la necessità o meno di rabbocchi e si potrà quindi estrarre il tubo di convogliamento allorquando il foro sarà intasato e stagnato.

Eventuali rabbocchi da eseguire prima di raggiungere tale situazione vanno praticati esclusivamente tramite il tubo di convogliamento.

Nel caso l'armatura sia tubolare, essa si potrà usare come tubo di convogliamento solo se il suo diametro interno non supera 50 mm; in caso contrario si dovrà ricorrere ad un tubo di convogliamento separato, dotato di otturatore posizionato alla base del tubo di armatura del palo.

4.10.17. Riempimento a bassa pressione

Il foro dovrà essere interamente rivestito; la posa della malta avverrà in un primo momento entro il rivestimento provvisorio tramite un tubo di convogliamento come descritto al punto 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 alla parte rimasta nel terreno, 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.

4.10.18. Iniezione ripetuta ad alta pressione

Le fasi della posa in opera saranno le seguenti:

I) riempimento della cavità anulare compresa tra il tubo a valvole e le pareti del perforo, ottenuta alimentando con apposito condotto di iniezione e otturatore semplice la valvola più bassa finché la malta risale fino alla bocca del foro;

II) lavaggio con acqua all'interno del tubo;

III) avvenuta la presa della malta precedentemente posta in opera, si inietteranno, valvola per valvola, volumi di malta non eccedenti il sestuplo del volume del perforo senza superare durante l'iniezione la pressione corrispondente alla fratturazione idraulica del terreno ("claquage");

IV) lavaggio con acqua all'interno del tubo;

V) avvenuta la presa della malta precedentemente iniettata, si ripeterà l'iniezione in pressione limitatamente alle valvole per le quali:

- il volume iniettato non abbia raggiunto il limite predetto a causa della incipiente fratturazione idraulica del terreno;
- le pressioni residue di iniezione, misurate a bocca foro al raggiungimento del limite volumetrico, non superino 0,7 MPa.

Al termine delle iniezioni si riempirà a gravità l'interno del tubo.

Le attrezzature per l'iniezione dovranno essere munite di apparecchio "contacolpi" al fine di verificare il numero di mandate necessarie per una corretta formazione del bulbo.

4.10.19. Caratteristiche delle malte e paste cementizie da impiegare per la formazione dei micropali

Rapporto acqua/cemento: < 0,5.

Classe di resistenza: > 25/30 MPa.

L'aggregato dovrà essere costituito:

- da sabbia fine lavata, per le malte dei micropali riempiti a gravità;
- da ceneri volanti o polverino di calcare, totalmente passanti al vaglio da 0,075 mm, per le paste dei micropali formati mediante iniezione in pressione.

Per garantire la resistenza richiesta e la necessaria lavorabilità e stabilità dell'impasto dovranno essere adottati i seguenti dosaggi minimi:

- per le malte, 600 kg di cemento 32,5 o 32,5R tipo II per metro cubo di impasto, in condizioni di non aggressività del terreno o dell'acqua; in caso di condizioni di aggressività cemento 32,5 o 32,5R tipo III o IV;
- per le paste, 900 kg di cemento 32,5 o 32,5R tipo II per metro cubo di impasto, in condizioni di non ggressività del terreno o dell'acqua; in caso di condizioni di aggressività cemento 32,5 o 32,5R tipo III o IV.

In presenza di particolari condizioni operative ed ambientali, si dovrà fare uso di cementi tipo 42,5 o 42,5R del tipo consono all'aggressività ambientale rilevata. Per una corretta posa in opera si potranno anche aggiungere superfluidificanti non aeranti ed eventualmente bentonite; quest'ultima in misura non superiore al 4% in peso del cemento.

In presenza di acque di falda che possono sortire effetti dilavanti si potrà impiegare, previa autorizzazione della Direzione Lavori, un additivo ad attività pozzolanica con effetto antidilavante non tossico, non nocivo, non inquinante.

L'impiego di additivi comporterà la riduzione dell'acqua di impasto nelle quantità indicate dal produttore degli additivi stessi.

4.10.20. Controlli

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

A) in base alla lunghezza delle aste di perforazione immerse nel foro al termine della perforazione, con l'utensile appoggiato sul fondo;

B) in base alla lunghezza dell'armatura.

La differenza tra le due misure dovrà risultare $\leq$ 0,10 m; in caso contrario occorrerà procedere alla pulizia del fondo del foro asportandone i detriti accumulatisi, dopo aver estratto l'armatura.

L'accettazione delle armature verrà effettuata:

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

In corso di iniezione si preleverà un campione di miscela per ogni micropalo, sul quale si determinerà il peso specifico mediante la bilancia descritta successivamente e la decantazione (bleeding) mediante buretta graduata di diametro $\geq$ 30 mm.

Il peso specifico dovrà risultare pari ad almeno il 90% di quello teorico, calcolato assumendo 3 g/cm³ il peso specifico assoluto del cemento e 2,65 g/cm³ quello degli aggregati, nell'ipotesi che non venga inclusa aria.

Nelle prove di decantazione, l'acqua separata in 24 h non dovrà superare il 3% in volume.

Con il campione di miscela saranno altresì confezionati cubetti di 7 o 10 cm di lato, da sottoporre a prove di resistenza cubica a compressione nella misura di almeno una prova per ogni micropalo.

Per i micropali riempiti a gravità, la frequenza dei prelievi sarà pari ad 1 ogni 10 pali, o frazione.

Le modalità di prova dovranno essere conformi alle normative vigenti ed alle preventive richieste della Direzione Lavori.

4.10.21. Misure del peso specifico

Si userà di regola una bilancia (pesa di Baroid) che consiste in un'asta graduata in g/l imperniata al basamento e munita ad un estremo di contrappeso ed all'altro di un contenitore.

Quest'ultimo una volta riempito sarà chiuso con un coperchio forato; si garantirà il completo riempimento del contenitore facendo in modo che della miscela fuoriesca dal foro.

Successivamente si avrà cura di pulire l'esterno del contenitore e del coperchio.

Si sposterà il cursore posto sull'asta finché questa assumerà una posizione orizzontale, individuata dalla bolla della livella montata sull'asta.

In tale posizione si leggerà direttamente sull'asta il peso di volume racchiuso nel contenitore.

Per la taratura si riempirà il contenitore di acqua distillata controllando che il peso di volume indicato dal cursore corrisponda a 1000 g/l; in caso contrario si toglieranno o aggiungeranno dei pallini di piombo nel corpo del contrappeso. L'approssimazione delle misure dovrà essere di ±5 g/l.

4.10.22. Documentazione dei lavori

L'esecuzione di ogni singolo micropalo sarà documentata mediante la compilazione da parte dell'Impresa in contraddittorio con la Direzione Lavori di una apposita scheda sulla quale si registreranno i dati seguenti:

- identificazione del micropalo;
- data di inizio perforazione e termine del getto (o iniezione);
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione (detta "A");
- profondità del foro all'atto della posa dell'armatura (detta "B");
- assorbimento totale effettivo di miscela di iniezione;
- per i micropali formati mediante iniezione ripetuta ad alta pressione, pressioni residue minime e quantità complessive iniettate per ogni fase di iniezione ad alta pressione;
- risultati delle misure di peso di volume, di decantazione (acqua separata) e classe di resistenza a compressione.

Tale scheda dovrà essere riportata su apposito modello che dovrà essere trasmesso dall'Impresa alla Direzione Lavori.

4.10.23. Pali trivellati di medio e grande diametro

4.10.24. Definizione

Si definiscono pali trivellati quelli ottenuti per asportazione del terreno e sua sostituzione con conglomerato cementizio armato mediante perforazione a rotazione o rotopercussione, eseguiti in materiali di qualsiasi natura e consistenza (inclusi murature, calcestruzzi, trovanti e roccia dura), anche in presenza di acqua e/o in alveo con acqua fluente.

L'Impresa avrà cura di non provocare inquinamenti di superficie o della falda per incontrollate discariche dei detriti e/o dei fanghi bentonitici; il materiale di risulta dovrà essere sistematicamente portato alla discarica, previo trattamento dei fanghi bentonitici, nel caso d'uso, secondo quanto previsto dalla legislazione vigente.

4.10.25. Soggezioni geotecniche e idrogeologiche

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

- la perforazione "a secco" senza rivestimento è ammessa solo in terreni uniformemente argillosi dove può essere eseguita senza alcun ingresso di acqua nel foro;
- la perforazione a fango non è consigliabile in terreni molto aperti senza frazioni medio-fini. Durante la perforazione occorrerà tener conto della esigenza di non peggiorare le caratteristiche meccaniche del terreno circostante il palo; dovranno quindi essere minimizzati:
  - il rammollimento degli strati coesivi;
  - la diminuzione di densità relativa degli strati incoerenti;
  - la diminuzione delle tensioni orizzontali efficaci proprie dello stato naturale;
  - la riduzione dell'aderenza palo-terreno causata da un improprio impiego di fanghi.

La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere messi a punto, a cura e spese dell'Impresa, mediante l'esecuzione di perforazioni di prova, approvate dalla Direzione Lavori prima dell'inizio della costruzione dei pali di progetto.

4.10.26. Tolleranze geometriche

La posizione planimetrica dei pali non dovrà discostarsi da quella di progetto più del 5% del diametro nominale del palo salvo diversa indicazione della Direzione Lavori.

La verticalità dovrà essere assicurata con tolleranza del 2%.

Le tolleranze sul diametro nominale D, verificate in base ai volumi di conglomerato cementizio assorbito rilevate con la frequenza indicata successivamente sono le seguenti:

- per ciascun palo, in base all'assorbimento complessivo, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso tra «-0,01D» e

«+0,1D»;

- per ciascuna sezione dei pali sottoposti a misure dell'assorbimento dose per dose, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso tra «-0,01D» e «+0,1D».

L'Impresa è tenuta ad eseguire a suo esclusivo onere e spese tutti i controlli e tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della Direzione Lavori, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per ovviare all'esecuzione di pali in posizione e/o con dimensioni non conformi alle tolleranze qui stabilite, compresi pali aggiuntivi ed opere di collegamento.

4.10.27. Tracciamento

Prima di iniziare la perforazione, a cura e spese dell'Impresa si dovrà indicare sul terreno la posizione dei pali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.

Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del palo quale risulta dalla pianta della palificata.

Tale pianta, redatta e presentata alla Direzione Lavori dall'Impresa, dovrà indicare la posizione di tutti i pali, inclusi quelli di prova contrassegnati con numero progressivo.

Se considerato necessario dalla Direzione Lavori, in corrispondenza di ciascun palo sarà posto in opera un avampozzo provvisorio di lamiera d'acciaio con funzioni di guida dell'utensile, di riferimento per la posizione planoaltimetrica della sommità del palo e di difesa dall'erosione del terreno ad opera del liquido eventualmente presente nel foro.

Esternamente all'avampozzo saranno installati riferimenti atti a permettere il controllo della sua posizione planimetrica durante la perforazione.

4.10.28. Perforazione

4.10.29. Attrezzature

La potenza e la capacità operativa delle attrezzature dovranno in ogni caso essere adeguate alla consistenza del terreno da attraversare ed alle dimensioni dei pali da eseguire nei tempi previsti.

Marcature disposte ad intervalli regolari (1÷2 m) sugli organi di manovra degli utensili di scavo dovranno consentire il rapido apprezzamento della profondità alla quale gli utensili stanno operando.

La verticalità delle aste di guida rigide dovrà essere controllata da un indicatore a pendolo disposto sulle stesse.

4.10.30. Perforazione con impiego di rivestimento provvisorio

La tubazione sarà costituita da tubi di acciaio, di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni lunghi 2,0÷2,5 m connessi tra loro mediante manicotti esterni filettati o innesti speciali a baionetta, con risalti interni raccordati di spessore non superiore al 2% del diametro nominale.

L'infissione della tubazione di rivestimento sarà ottenuta, imprimendole un movimento rototraslatorio mediante una morsa azionata da comandi oleodinamici, oppure applicandole in sommità un vibratore di adeguata potenza.

In questo secondo caso la tubazione potrà essere suddivisa in spezzoni più lunghi di 2,50 m o anche essere costituita da un unico pezzo di lunghezza pari alla profondità del palo.

L'infissione con vibratore sarà adottata in terreni poco o mediamente addensati, privi di elementi grossolani e prevalentemente non coesivi.

È ammessa la giunzione per saldatura degli spezzoni purché non risultino varchi nel tubo che possano dar luogo all'ingresso di terreno.

La perforazione all'interno dei tubi di rivestimento potrà essere eseguita mediante:

- benna automatica con comando a fune o azionata oleodinamicamente;
- secchione (buchet) manovrato da un'asta rigida o telescopica;

ed in entrambi i casi si dovrà conseguire la disgregazione del terreno e la estrazione dei detriti dal foro.

In terreni sabbiosi si potrà fare ricorso anche ad utensili disgregatori rotanti con risalita dei detriti per trascinamento ad opera di una corrente ascendente di acqua.

Nel caso di presenza di falda, il foro dovrà essere costantemente tenuto pieno d'acqua (o eventualmente di fango bentonitico), con un livello non inferiore a quello della piezometrica della falda.

In generale la perforazione non dovrà essere approfondita al disotto della scarpa del tubo di rivestimento.

4.10.31. Perforazione in presenza di fango bentonitico

Il fango bentonitico dovrà essere preparato, trattato e controllato seguendo le modalità descritte successivamente.

La perforazione sarà eseguita mediante secchione azionato da asta rigida o telescopica oppure mediante benna dotata di virola superiore di centramento e guida.

In entrambi i casi il corpo dell'utensile dovrà lasciare uno spazio anulare tra esso e la parete del foro di ampiezza sufficiente ad evitare "effetti pistone" allorché l'utensile viene sollevato.

Gli utensili di perforazione dovranno avere conformazione tale da non lasciare sul fondo del foro detriti smossi o zone di terreno rimaneggiato.

Il secchione dovrà essere provvisto delle aperture per la fuoriuscita del fango all'atto dell'estrazione.

Il livello del fango nel foro dovrà essere in ogni caso più alto della massima quota piezometrica delle falde presenti nel terreno lungo la perforazione.

Il franco dovrà risultare di norma non inferiore a 1,00 m e non dovrà scendere al di sotto di 0,60 m all'atto dell'estrazione dell'utensile dal foro; a tale scopo si potrà disporre di una fossa di piccola capacità accanto al perforo, direttamente connessa alla sua sommità con corto canale.

La distanza minima fra due perforazioni attigue in corso, appena ultimate o in corso di getto, dovrà essere tale da impedire pericolosi fenomeni di interazione e comunque non inferiore ai 5 diametri.

Il materiale portato in superficie dovrà essere sistematicamente portato a discarica.

Qualora in fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del conglomerato cementizio ecc.), sarà necessario interrompere la perforazione alcuni metri prima ed ultimarla solo nell'imminenza del getto.

4.10.31.1 Formazione del fusto del palo

Al termine della perforazione, verrà calata all'interno del foro la gabbia di armatura.

In seguito si procederà al getto del conglomerato cementizio, mediante tubo di convogliamento.

In presenza di acqua di falda, potrà essere prevista la posa in opera di idonea contro camicia in lamierino di adeguato spessore per il contenimento del getto.

Il tubo di convogliamento sarà costituito da un tubo di acciaio di 20 – 25 cm di diametro interno, e da spezzoni non più lunghi di 2,5 m.

L'interno del tubo dovrà essere pulito, privo di irregolarità e strozzature, ed all'estremità superiore essere provvisto di tramoggia di capacità 0,4 – 0,6 m^3.

Il tubo di convogliamento sarà posto in opera arrestando la sua estremità inferiore a 30 – 60 cm dal fondo del foro.

Prima di installare tale tubo, è opportuna una nuova verifica della profondità del fondo foro e si dovrà accertare che lo spessore del deposito non superi i 20 cm, altrimenti si dovrà procedre alla pulizia previo sollevamento dell'armatura.

Le giunzioni dovranno essere del tipo filettato, senza manicotto, o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2 cm, sono escluse le giunzioni a flangia.

Per la presenza di fango bentonitico (ma anche nel caso in cui fosse presente acqua di falda), in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, prima di iniziare il getto si predisporrà un tappo formato con una palla di malta plastica, oppure con uno strato di vermiculite di 30 cm di spessore o con palline di polistirolo galleggianti sul liquido o con un pallone di plastica.

All'inizio del getto si dovrà predisporre di un volume di conglomerato cementizio pari a quello del tubo di convogliamento e di 3.0 – 4.0 m di palo.

Il tubo di convogliamento per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando una immersione minima di conglomerato cementizio di 2,5 m e massima di 6,0 m.

Il getto di calcestruzzo dovrà essere prolungato per almeno 0,5 – 1 m al di sopra della quota di progetto della testa del palo, per consentire di eliminare la parte superiore (scapitozzatura).

Tale operazione di scapitozzatura, si ritiene da eseguire sino alla completa eliminazione di tutti i tratti in cui le caratteristiche del palo non rispondono a quelle previste.

In tal caso è onere dell'Impresa procedere al ripristino del palo sino alla quota di sottoplinto.

Per ciascun palo l'Impresa dovrà redigere una scheda dove verranno riportati i risultati dei controlli delle tolleranze, ed inoltre dovranno essere riportati i risultati dei seguenti controlli:

- n° progressivo del palo così come riportato nella planimetria di progetto;
- informazioni relative alla locale stratigrafia;
- dati tecnici dell'attrezzatura;
- data di inizio e fine perforazione, nonché di inizio e fine getto;

- eventuali impieghi dello scalpello o altri utensili per il superamento di zone cementate o rocciose e corrispondente profondità di inizio e fine tratta;
- profondità di progetto;
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione, e la stessa prima di calare il tubo getto;
- risultati dei controlli eseguiti sull'eventuale fango di perforazione e della presenza dell'eventuale controcamicia;
- additivi usati per il fango;
- caratteristiche dell'eventuale rivestimento metallico;
- il rilievo della quantità di calcestruzzo impiegato per ogni palo. Il rilievo dose per dose (dose = autobetoniera) dell'assorbimento di calcestruzzo e del livello raggiunto dallo stesso entro il foro in corso di getto, sarà fatto impiegando uno scandaglio a base piatta, su almeno i primi 10 pali e sul 10% dei pali successivi. In base a questo rilievo potrà essere ricostituito l'andamento del diametro medio effettivo lungo il palo (profilo di getto).;
- misura dello "slump" (per ogni betoniera o per ogni 10 m3 di materiale posto in opera);
- numero dei prelievi per il controllo della resistenza a compressione e valori della stessa, così come indicato nel presente Capitolato, ed inoltre quando richiesto dalla Direzione Lavori;
- geometria delle gabbie di armatura;
- risultati delle eventuali prove effettuate e richieste dalla DL;
- caratteristiche dei materiali costituenti il manufatto e lotto di appartenenza dello stesso.
- I risultati dell'operazione di scapitozzatura e dell'eventuale ripristino del palo sino alla quota di sottoplinto.

4.10.32. Perforazione in presenza di fango biodegradabile

Valgono le indicazioni già riportate nel caso dei pali trivellati con fanghi bentonitici.

Il fango biodegradabile dovrà soddisfare le indicazioni riportate al paragrafo 4.

4.10.33. Pali trivellati ad elica continua armati dopo il getto

Si utilizzeranno escavatori equipaggiati con rotary a funzionamento idraulico o elettrico montate su asta di guida, e dotate di dispositivo di spinta. L'altezza della torre e le caratteristiche della rotary (coppia, spinta) dovranno essere commisurate alla profondità da raggiungere.

La perforazione sarà eseguita mediante una trivella ad elica continua, di lunghezza e diametro corrispondenti alle caratteristiche geometriche dei pali da realizzare.

L'anima centrale dell'elica deve essere cava, in modo da consentire il successivo passaggio del calcestruzzo. All'estremità inferiore dell'anima sarà posta una punta a perdere, avente lo scopo di impedire l'occlusione del condotto.

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

Qualora si riscontrassero rallentamenti della perforazione in corrispondenza di livelli di terreno intermedi o dell'eventuale strato portante inferiore, l'Impresa, con l'accordo della Direzione Lavori potrà:

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

4.10.33.1 Formazione del fusto del palo

Il calcestruzzo verrà pompato pneumaticamente entro il cavo dell'asta di perforazione che verrà progressivamente estratta, di norma senza rotazione.

La cadenza di getto deve assicurare la continuità della colonna di conglomerato.

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

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

La gabbia, verrà inserita a getto concluso mediante l'ausilio di un vibratore.

Dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad assicurare il centramento della gabbia entro la colonna di calcestruzzo appena formata. Se necessario, la gabbia dovrà essere adeguatamente irrigidita per consentirne la infissione.

L'operazione di infissione deve essere eseguita immediatamente dopo l'ultimazione del getto, prima che abbia inizio la presa del calcestruzzo.

Per ciascun palo l'Impresa dovrà redigere una scheda dove dovranno essere riportati i controlli delle tolleranze ed inoltre dovranno essere riportati i risultati dei seguenti controlli:

- n° progressivo del palo così come riportato nella planimetria di progetto;
- informazioni relative alla locale stratigrafia;
- dati tecnici dell'attrezzatura;
- data di inizio e fine perforazione, nonché di inizio e fine getto;
- tempi di perforazione per tratte successive di 5 m, e di 1 m nel tratto finale;
- profondità di progetto;
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione;
- il rilievo della quantità di calcestruzzo impiegato per ogni palo;
- misura dello "slump" (per ogni betoniera o per ogni 10 m^3 di materiale posto in opera);
- numero dei prelievi per il controllo della resistenza a compressione e valori della stessa, così come indicato nel presente Capitolato, ed inoltre quando richiesto dalla Direzione Lavori;
- geometria delle gabbie di armatura;
- spinta del mandrino, misurata durante l'estrazione della trivella;
- risultati delle eventuali prove effettuate e richieste dalla DL;
- caratteristiche dei materiali costituenti il manufatto e lotto di appartenenza dello stesso.

Nel caso si vengano a riscontrare delle differenze stratigrafiche rispetto alla situazione nota, o di particolari anomalie riscontrate nei tempi di perforazione, qualora le condizioni reali risultino inferiori a quelle di progetto, l'Impresa dovrà procedere al riesame della progettazione e dovrà definire gli eventuali provvedimenti (modifica del numero e profondità dei pali, esecuzione dei prefori, etc.) che dovranno essere concordati con la Direzione Lavori.

4.10.34. Controlli

La Direzione Lavori controllerà in fase di esecuzione del perforo la rispondenza delle stratigrafie di progetto con quelle effettive.

In presenza di eventuali discordanze o nel caso che alla base del palo si rinvenga un terreno più compressibile e/o molto meno resistente del previsto, o comunque altre anomalie, dovranno essere raccolti tutti gli elementi conoscitivi che consentano alla Direzione Lavori la definizione degli eventuali adeguamenti delle modalità operative e al Progettista le eventuali variazioni progettuali.

Alla fine della perforazione si misurerà, in contraddittorio con la Direzione Lavori, rispetto alla quota di sottoplinto, la profondità del perforo con uno scandaglio; l'operazione verrà effettuata anche all'inizio ed al termine di eventuali interruzioni prolungate della lavorazione in corrispondenza dei turni di riposo o per altri motivi.

4.10.35. Armature metalliche

Le armature metalliche dovranno soddisfare le prescrizioni delle presenti Norme Tecniche ed essere conformi al progetto.

Le armature trasversali dei pali saranno costituite da una spirale in tondino esterna ai ferri longitudinali.

Le armature verranno pre-assemblate fuori opera in "gabbie"; i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro oppure mediante punti di saldatura elettrica.

Le gabbie di armatura saranno dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo rispetto alla parete di scavo di 6 cm.

Si richiede l'adozione di rotelle cilindriche in conglomerato cementizio (diametro 12÷15 cm - larghezza > 6 cm) con perno in tondino fissato a due ferri verticali contigui.

I centratori saranno posti a gruppi di 3÷4, regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di 3÷4 m.

Gli assi dei ferri verticali saranno disposti su una circonferenza con diametro di 15 cm inferiore a quello nominale; tali misure potranno ridursi a 12 cm per barre verticali di diametro inferiore a 18 mm.

Non si ammette la distribuzione delle barre verticali su doppio strato; l'intervallo netto minimo tra barra e barra, misurato lungo la circonferenza che ne unisce i centri, non dovrà in alcun caso essere inferiore a 7,5 cm con aggregati inferiori a 2,0 cm, a 10 cm con aggregati di diametro superiore.

Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine, messe in opera prima dell'inizio del getto e mantenute in posto sostenendole dall'alto, evitando in ogni caso di appoggiarle sul conglomerato cementizio già in opera o sul fondo del foro.

Ai fini della esecuzione delle prove geofisiche descritte nel relativo paragrafo, l'Impresa dovrà fornire e porre in opera, a sua cura e spese, nel 5% del

numero totale di pali trivellati di diametro ≥ 700 mm con un minimo di 2 pali, due o tre tubi estesi a tutta la lunghezza del palo, solidarizzati alla gabbia di armatura.

4.10.36. Formazione del fusto del palo

Il conglomerato cementizio sarà confezionato da apposita centrale di preparazione atta al dosaggio a peso dei componenti.

Si impiegheranno almeno tre classi di aggregati; le classi saranno proporzionate in modo da ottenere una curva granulometrica che soddisfi il criterio della massima densità (curva di Fuller).

La dimensione massima degli aggregati dovrà essere inferiore al valore minimo di interspazio fra le armature e comunque non superiore a 40 mm.

Il conglomerato cementizio dovrà avere la classe di resistenza prevista in progetto e comunque non dovrà risultare di classe inferiore a 25/30 MPa.

Il rapporto acqua/cemento non dovrà superare il valore di 0,5 nella condizione di aggregato saturo a superficie asciutta.

La lavorabilità dovrà essere tale da dare uno "slump" al cono di ABRAMS compreso fra 16 e 18 cm; per le modalità da seguire nello "slump test" per la determinazione dell'abbassamento fare riferimento a quanto prescritto successivamente.

Per soddisfare entrambi questi requisiti potrà essere aggiunto all'impasto un idoneo additivo fluidificante non aerante. È ammesso altresì l'uso di ritardanti di presa o di fluidificanti con effetto ritardante.

I prodotti commerciali che l'Impresa si propone di usare dovranno essere sottoposti all'esame ed all'approvazione preventiva della Direzione Lavori.

I mezzi di trasporto dovranno essere tali da evitare segregazione dei componenti.

Il conglomerato cementizio dovrà essere confezionato e trasportato con un ritmo tale da consentire di completare il getto di ciascun palo senza soluzione di continuità e nel più breve tempo possibile; in ogni caso ciascun getto dovrà venire alimentato con una cadenza effettiva, inclusi tutti i tempi morti, non inferiore a 15 m³/h per pali di diametro < 800 mm e di 20 m³/h per pali di diametro ≥ 800 mm.

La centrale di confezionamento dovrà quindi consentire la erogazione nell'unità di tempo di volumi di conglomerato cementizio almeno doppi di quelli risultanti dal più oneroso dei limiti sopra indicati.

Per i pali trivellati in presenza di acqua di falda, potrà essere prevista la posa in opera di idonea controcamicia in lamierino di adeguato spessore per il contenimento del getto.

4.10.36.1 Controlli

L'Impresa, a sua cura e spese, sotto il controllo della Direzione Lavori, dovrà provvedere alla esecuzione di:

- una analisi granulometrica ogni 500 m³ di inerte impiegato;
- una serie di prove di carico a rottura su provini di conglomerato cementizio prelevati in numero e modalità conformi a quanto prescritto nelle presenti Norme Tecniche e inoltre quando richiesto dalla Direzione Lavori;
- una prova con il cono Abrams per ogni betoniera o 8 m³ di conglomerato cementizio impiegato (abbassamento al cono di ABRAMS UNI 9418/89);
- il rilievo della quantità di conglomerato cementizio impiegato per ogni palo.

Il rilievo dose per dose (dose = autobetoniera) dell'assorbimento di conglomerato cementizio e del livello raggiunto dallo stesso entro il foro in corso di getto, sarà fatto impiegando uno scandaglio a base piatta su almeno i primi 10 pali e sul 10% dei pali successivi.

In base a questo rilievo potrà essere ricostituito l'andamento del diametro medio effettivo lungo il palo (profilo di getto).

4.10.37. Documentazione dei lavori

L'esecuzione di ogni singolo palo dovrà comportare la registrazione su apposita scheda, compilata dall'Impresa in contraddittorio con la Direzione Lavori, dei seguenti dati:

- identificazione del palo;
- data di inizio perforazione e di fine getto;
- risultati dei controlli eseguiti sul fango eventualmente usato per la perforazione;
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione;
- profondità del fondo foro prima della posa del tubo getto;
- "slumps" del conglomerato cementizio (UNI 9418/89);
- assorbimento totale effettivo del conglomerato cementizio e volume teorico del palo;
- "profilo di getto" ove richiesto;

- risultati delle prove di rottura a compressione semplice.

Nella documentazione generale dovrà inoltre comparire:

- una scheda con le caratteristiche delle polveri bentonitiche e relativi additivi eventualmente usati;
- una scheda con le caratteristiche dei componenti del conglomerato cementizio, compresi i risultati delle analisi granulometriche degli aggregati di cui al punto precedente.

Tale scheda dovrà essere riportata su apposito modello che dovrà essere trasmesso dall'Impresa alla Direzione Lavori.

4.10.38. PROVE DI CARICO

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

Le prove di carico hanno principalmente lo scopo di:

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

Si definiscono:

- prove di collaudo le prove effettuate su pali e micropali facenti parte della fondazione, dei quali non bisogna compromettere l'integrità; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (P_{max}) è in generale pari a 1.5 volte il carico di esercizio (P_{es});
- prove a carico limite le prove effettuate su pali e micropali appositamente predisposti all'esterno della palificata, spinte fino a carichi di rottura del sistema palo-terreno o prossimi ad essa; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (P_{max}) è in generale pari a 2.5÷3 volte il carico di esercizio (P_{es});

Il numero e l'ubicazione dei pali e micropali da sottoporre ad eventuali prove di carico a rottura devono essere stabiliti in funzione dell'importanza dell'opera, dell'affidabilità, in termini quantitativi, dei dati geotecnici disponibili e del grado di omogeneità del terreno.

L'Impresa dovrà effettuare prove di carico assiale di collaudo sull'1% dei pali e micropali, con un minimo di almeno due pali o micropali per ogni opera.

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

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

4.10.38.1 Prove sui pali di grande diametro

4.10.38.1.1 Prove di carico assiale

I carichi di prova saranno definiti di volta in volta dal progettista, in relazione alle finalità della prova stessa.

Di norma il massimo carico di prova P_{prova} sarà:

- $P_{prova} = 1.5\ P_{esercizio}$ per $D \leq 100$ cm
- $P_{prova} = 1{,}2\ P_{esercizio}$ per $D > 100$ cm
- Pprova = Plim

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

4.10.38.1.2 Attrezzatura e dispositivi di prova

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

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

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

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

La zavorra sarà sostenuta con una struttura costituita da una trave metallica di adeguata rigidezza sul cui estradosso, tramite una serie di traversi di ripartizione, vanno posizionati blocchi di cls o roccia.

In alternativa la zavorra potrà essere sostituita con:

- pali di contrasto, dimensionati a trazione;
- tiranti di ancoraggio collegati ad un dispositivo di contrasto.

In questi casi si avrà cura di ubicare i pali o i bulbi di ancoraggio dei tiranti a sufficiente distanza dal palo di prova (minimo 3 diametri).

L'Impresa, nel caso di prove di carico con pali di contrasto, dovrà redigere un progetto dettagliato delle prove di carico indicando numero, interassi, dimensioni, e lunghezza dei pali.

Qualora sia richiesto l'uso di una centralina oleodinamica preposta a fornire al/ai martinetti la pressione necessaria, questa dovrà essere di tipo sufficientemente automatizzato per poter impostare il carico con la velocità richiesta, variarla in caso di necessità e mantenere costante il carico durante le soste programmate.

Per misurare il carico applicato alla testa del palo si interporrà tra il martinetto di spinta ed il palo una cella di carico del tipo ad estensimetri elettrici di opportuno fondo scala.

Nel caso non fosse disponibile tale tipo di cella, il carico imposto al palo verrà determinato in base alla pressione fornita ai martinetti misurata con un manometro oppure, dove previsto, misurata con continuità da un trasduttore di pressione collegato al sistema di acquisizione automatico e, in parallelo, con un manometro.

Il manometro ed il trasduttore di pressione, se utilizzati, dovranno essere corredati da un rapporto di taratura rilasciato da non più di 3 mesi da un laboratorio ufficiale.

Lo strumento di misura dovrà avere fondo scala e precisione adeguati e non inferiore al 5% del carico applicato per i manometri e del 2% per le celle di carico. Se viene impiegato soltanto il manometro, il relativo quadrante dovrà avere una scala adeguata alla precisione richiesta.

E' raccomandato l'inserimento di un dispositivo automatico in grado di mantenere costante (± 20 kN) il carico applicato sul palo, per tutta la durata di un gradino di carico ed indipendentemente dagli abbassamenti della testa del palo.

Per la misura dei cedimenti, saranno utilizzati tre comparatori centesimali, con corsa massima non inferiore a 50 mm, disposti a ≈ 120° intorno all'insieme palo-terreno.

Il sistema di riferimento sarà costituito da una coppia di profilati metallici poggianti su picchetti infissi al terreno ad una distanza di almeno 3 diametri dal palo. Il sistema sarà protetto dall'irraggiamento solare mediante un telo sostenuto con un traliccio di tubi innocenti.

Preliminarmente all'esecuzione delle prove saranno eseguiti cicli di misure allo scopo di determinare l'influenza delle variazioni termiche e/o di eventuali altre cause di disturbo. Dette misure, compreso anche il rilievo della temperatura, saranno effettuate per un periodo di 24 ore con frequenze di 2 ore circa.

4.10.38.1.3 Preparazione della prova

I pali prescelti saranno preparati mediante regolarizzazione della testa previa scapitozzatura del cls e messa a nudo del fusto per un tratto di ≈ 50 cm.

Nel tratto di fusto esposto saranno inserite n°3 staffe metalliche, a 120°, per la successiva apposizione dei micrometri.

Sopra la testa regolarizzata si stenderà uno strato di sabbia di circa 3 cm di spessore, oppure una lastra di piombo.

Si provvederà quindi a poggiare una piastra metallica di ripartizione del carico di diametro adeguato, in modo da ricondurre la pressione media sul conglomerato a valori compatibili con la sua resistenza a compressione semplice.

La zavorra sarà messa a dimora dopo avere posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 diametri dall'asse del palo.

L'altezza dei due appoggi deve essere sufficiente a consentire il posizionamento dei martinetti e dei relativi centratori e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti (h min. = 1.5 m).

Tra i martinetti e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone.

Gli stessi accorgimenti saranno adottati anche nel caso in cui la trave o struttura di contrasto farà capo a pali o tiranti di ancoraggio.

4.10.38.1.4 Programma di carico

Il programma di carico sarà definito di volta in volta, in relazione alla finalità della prova. Di norma si farà riferimento al seguente schema, che prevede due cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato.

1° CICLO

a) Applicazione di "n" ($n \geq 4$) gradini di carico successivi, di entità pari a δP, fino a raggiungere il carico P_{es}.

b) In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:

- t = 0 (applicazione del carico)
- t = 2'
- t = 4'

- t = 8'
- t =15'

Si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore.

Il cedimento è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la condizione tra due misure successive (t = 15'): $\delta s \leq 0.025$ mm.

Per il livello corrispondente a P_{es} il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi si procede allo scarico mediante almeno 4 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a:

- t = 0
- t = 5'
- t = 10'
- t = 15'

Allo scarico le letture verranno eseguite anche a:

- t = 30'
- t = 45'
- t = 60'

2° CICLOa) Applicazione di "m" ($m \geq 9$) gradini di carico δP fino a raggiungere il carico P_{prova} (o P_{lim}).

b) In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al punto "b" del 1° Ciclo.

c) Il carico P_{prova} , quando è minore di P_{lim} , sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il palo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini (di entità 3 δP) con misure a:

- t = 0
- t = 5'
- t = 10'
- t = 15'

A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a t = 60';una lettura finale sarà effettuata 12 ore dopo che il palo è stato completamente scaricato.

Si considererà raggiunto il carico limite Plim, e conseguentemente si interromperà la prova, allorquando risulti verificata una delle seguenti condizioni:

- cedimento (P_{lim}) ≥ 2 cedimento (P_{lim} - δP)
- cedimento (P_{lim}) ≥ 0.10 diametri.

4.10.38.1.5 Risultati della prova

Le misure dei cedimenti saranno registrate utilizzando moduli contenenti:

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

Le tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento costituiranno il verbale della prova.

Le date e il programma delle prove dovranno essere altresì comunicati alla Direzione Lavori con almeno 7 giorni di anticipo sulle date di inizio.

La documentazione fornita dall'esecutore della prova dovrà comprendere i seguenti dati:

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

4.10.38.1.6 Prove di carico su pali strumentati

Quando richiesto, le prove di carico assiali, oltre che per definire la curva carico-cedimento alla testa del palo, avranno lo scopo di valutare l'entità e la distribuzione del carico assiale e della curva di mobilitazione dell'attrito lungo il palo. Pertanto dovranno essere predisposte una serie di sezioni strumentate nel fusto del palo, e anche alla base del palo stesso. I dispositivi indicati nel presente paragrafo sono pertanto da considerarsi aggiuntivi rispetto a quanto descritto nel punto 4.

Per i pali strumentati, ad ultimazione del getto, verrà eseguito un controllo generale della strumentazione per verificare l'integrità a seguito delle operazioni di realizzazione del palo.

Ulteriori controlli con registrazione dei dati verranno eseguiti a 7, 14 e 28 giorni ed immediatamente prima della prova di carico. Quest'ultima costituirà la misura di origine per le successive letture.

4.10.38.1.7 Attrezzature e dispositivi di prova

Lungo il fusto del palo saranno predisposte delle sezioni strumentate il cui numero e la cui ubicazione sarà stabilito di volta in volta in accordo con la Direzione Lavori. In ogni caso dovranno essere previste almeno 4 sezioni strumentate.

Indicativamente la sezione strumentata superiore sarà ubicata in prossimità della testa del palo, esternamente al terreno.

Qualora non fosse possibile realizzare la sezione strumentata di testa al di sopra del piano lavoro, dopo l'esecuzione del palo si procederà ad isolare il palo dal terreno circostante fino alla quota della sezione strumentata di testa; in questo caso la sezione strumentata di testa sarà posizionata il più vicino possibile al piano lavoro.

Le dimensioni geometriche di questa sezione strumentata dovranno essere accuratamente misurate prima delle prove. Tale sezione consentirà di avere indicazioni sul modulo del calcestruzzo in corrispondenza dei vari gradini di carico e sarà di riferimento per il comportamento di tutte le altre.

Ogni sezione strumentata sarà costituita da almeno 3 estensimetri elettrici disposti su di una circonferenza, a circa 120° l'uno dall'altro.

Le celle estensimetriche saranno fissate all'armatura longitudinale e protette dal contatto diretto con il calcestruzzo.

Esse saranno corredate di rapporto di taratura rilasciato da un laboratorio ufficiale. Per ogni sezione strumentata si ammetteranno tolleranze non superiori a 10 cm rispetto alla quota teorica degli estensimetri elettrici.

La punta del palo verrà strumentata mediante una cella di carico costituita da estensimetri elettrici.

La sezione verrà ubicata alla distanza di circa 1 diametro dalla base del palo.

La misura degli spostamenti alla base del palo verrà realizzata con un estensimetro meccanico a base lunga. Esso misurerà le deformazioni relative tra la base e la testa del palo.

L'ancoraggio dello strumento sarà posizionato alla quota degli estensimetri elettrici e la misura sarà riportata in superficie mediante un'asta di acciaio rigida avente coefficiente di dilatazione termica comparabile con quello del calcestruzzo.

Sarà eliminato il contatto con il calcestruzzo circostante mediante una tubazione rigida di acciaio di circa 1" di diametro esterno.

Particolare cura sarà posta nel rendere minimo l'attrito tra asta interna e tubazione esterna utilizzando, ad esempio, distanziali di materiale antifrizione e altri sistemi analoghi, prestando attenzione ad usarne un numero sufficiente, ma non eccessivo.

Occorrerà garantire una perfetta tenuta tra l'ancoraggio ed il tubo esterno al fine di evitare intrusioni di calcestruzzo nell'intercapedine asta-tubo di protezione all'atto del getto.Come per gli altri tipi di tubazione anche questa sarà portata sino in superficie a fuoriuscire dalla testa del palo a fianco della piastra di ripartizione.

In questo punto verranno installati dei trasduttori di spostamento lineari con fondo scala di circa 20÷30 mm e precisione dello 0.2% del fondo scala, per la misura in continuo degli spostamenti relativi fra il tubo di protezione (testa del palo) e l'ancoraggio solidale alla base del palo.

La testa di questo strumento andrà adeguatamente protetta contro avverse condizioni atmosferiche, contro urti meccanici accidentali e contro le variazioni di temperatura.

Gli estensimetri andranno fissati alle staffe dell'armatura e saranno dotati di barre di prolunga in acciaio da entrambi i lati non inferiori a 50 cm.

Gli strumenti saranno adeguatamente protetti da possibili urti del tubo getto con rinforzi e protezioni in acciaio da definirsi sul posto.

Tutti i cavi elettrici provenienti dagli estensimetri dovranno essere protetti dal diretto contatto meccanico con i ferri d'armatura.

Normalmente si farà in modo che le tubazioni da inserire nella gabbia siano simmetricamente disposte all'interno della sezione. L'uscita dei cavi dalla testa del palo non dovrà costituire un ingombro alle operazioni successive.

Le modalità di installazione e protezione dei cavi saranno comunicate alla Direzione Lavori.

4.10.38.1.8 Prove di carico laterale

Queste prove dovranno essere effettuate nel caso in cui ai pali di fondazione sia affidato il compito di trasmettere al terreno carichi orizzontali di rilevante entità.

Il numero ed i pali da sottoporre a prova sarà definito dal progettista e/o concordato con la Direzione Lavori.

Nella esecuzione delle prove ci si atterrà alle prescrizioni già impartite per le prove di carico assiale, salvo quanto qui di seguito specificato.

Il contrasto sarà di norma ottenuto utilizzando un palo di caratteristiche geometriche analoghe, distante almeno 3 diametri.

Il martinetto sarà prolungato mediante una trave di opportuna rigidezza. Gli spostamenti saranno misurati su entrambi i pali. Si utilizzeranno per ciascun palo 2 coppie di comparatori centesimali fissati alla stessa quota; la prima coppia sarà disposta in posizione frontale rispetto alla direzione di carico; la seconda coppia sarà disposta in corrispondenza dell'asse trasversale alla direzione di carico.

Per la misura delle deformazioni durante la prova di carico, la Direzione Lavori indicherà i pali nei quali posizionare, prima del getto, dei tubi inclinometrici.

Si utilizzeranno tubi in alluminio a 4 scanalature, diametro d 81/76 mm, resi solidali alla gabbia di armatura a mezzo di opportune legature.

Le misure saranno effettuate con una sonda inclinometrica perfettamente efficiente, di tipo bi-assiale, previo rilevamento delle torsioni iniziali del tubo-guida.

Se richiesto dalla Direzione Lavori anche i pali sottoposti a prove di carico laterale potranno avere sezioni strumentate con estensimetri elettrici a varie profondità.

4.10.38.2 Prove di carico su micropali

4.10.38.2.1 Prove di carico assiale

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

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

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

4.10.38.2.2 Attrezzature e dispositivi di prova

Le attrezzature ed i dispositivi per l'applicazione e per la misura del carico, ed i dispositivi per la misura dei cedimenti saranno conformi alle specifiche contenute nei paragrafi precedenti.

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

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

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

I risultati forniti dai micropali di contrasto potranno essere utilizzati quali valori relativi a prove di carico a trazione, se i carichi effettivamente applicati sono significativi a norma di quanto definito nel punto 4.2.1.

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

Nel tratto di fusto esposto saranno inserite 3 staffe metalliche, a 120°, per il posizionamento dei micrometri.

Si provvederà quindi a fissare sulla testa del micropalo una piastra metallica di geometria adeguata ad ospitare il martinetto, ed a trasferire il carico sul micropalo.

La zavorra sarà messa a dimora dopo avere posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 m dall'asse del micropalo.

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

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

4.10.38.2.3 Programma di carico

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

Di norma si farà riferimento al seguente schema, che prevede 3 cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato.

1° CICLO

a) Applicazione di "**n**" ($n \geq 4$) gradini di carico successivi, di entità pari a δP, fino a raggiungere il carico P_{es}.

b) In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:

- t = 0 (applicazione del carico)
- t = 2'
- t = 4'
- t = 8'
- t = 15'

si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore.

Il cedimento **s** è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la condizione tra due misure successive (δt = 15'): $s \leq 0.025$ mm.

c) Per il livello corrispondente a P_{es} il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi si procede allo scarico mediante almeno 3 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a:

- t = 0 (applicazione del carico)
- t = 5'
- t = 10'
- t = 15'

Allo scarico le letture verranno eseguite anche a t = 30', t = 45' e t = 60'.

2° CICLO

a) Applicazione rapida di un carico di entità 1/3 P_{es}

b) Lettura dei cedimenti a t = 0, 1', 2', 4', 8', 15'

c) Scarico rapido e letture a t = 0 e 5'

d) Applicazione rapida di un carico di entità 2/3 P_{es}

e) Lettura dei cedimenti come in "b"

f) Scarico come in "c"

g) Applicazione rapida di un carico di entità pari a P_{es}

h) Lettura dei cedimenti come in "b"

i) Scarico con letture a t = 0, 5', 10', 15' e 30'.

3° CICLO

a) Applicazione di "m" ($m \geq 9$) gradini di carico δP fino a raggiungere il carico P_{prova} (o P_{lim}).

b) In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al 1° ciclo, punto "b".

c) Il carico P_{prova}, quando è < P_{lim}, sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il palo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini con misure a t = 0, t = 5' e t = 10' e t = 15'. A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a t = 60'.

Si considererà raggiunto il carico limite P_{lim}, e conseguentemente si interromperà la prova, allorquando misurando il cedimento s risulterà verificata una delle seguenti condizioni:

- $s(P_{lim}) \geq 2 \cdot s(Plim - \delta P)$
- $s(P_{lim}) \geq 0.2\,d + s_{el}$

ove :

d = diametro del micropalo s_{el} = cedimento elastico del micropalo.

4.10.39. PROVE NON DISTRUTTIVE

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

A) prove geofisiche;

B) carotaggio continuo meccanico;

C) scavi attorno al fusto del palo.

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

4.10.39.1 Prove geofisiche

Possono essere eseguite mediante emissione di impulsi direttamente alla testa del palo o lungo il fusto entro fori precedentemente predisposti.

Il primo tipo di controllo potrà essere eseguito per qualsiasi tipo di palo; il secondo sarà applicato ai soli pali trivellati di diametro $\geq$ 800 mm.

Il numero dei controlli sarà di volta in volta stabilito dalla Direzione Lavori anche in relazione alla importanza dell'opera, al tipo di palo, alle caratteristiche geotecniche e idrogeologiche dei terreni di fondazione e alle anomalie riscontrate durante l'esecuzione dei pali. I pali da sottoporre a controllo mediante prove geofisiche saranno prescelti dalla Direzione Lavori.

Prove geofisiche da testa palo verranno eseguite dall'Impresa, a sua cura e spese, sotto il controllo della Direzione Lavori, sul 15% del numero totale dei pali e comunque su tutti quei pali ove fossero state riscontrate inosservanze rispetto a quanto prescritto dalle Norme Tecniche d'Appalto.

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

Sui pali prescelti per tali prove, lungo il fusto dovrà essere predisposta, prima delle operazioni di getto, l'installazione di tubi estesi a tutta la lunghezza del palo, entro cui possono scorrere le sondine di emissione e ricezione degli impulsi. Nei fori si dovranno inoltre eseguire delle misure inclinometriche, al fine di ricavare la distanza tra foro trasmittente ed il foro ricevente.

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

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

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

4.10.39.2 Carotaggio continuo meccanico

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

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

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

Su alcuni spezzoni di carota saranno eseguite prove di laboratorio atte a definire le caratteristiche fisico-meccaniche e chimiche. Al termine del carotaggio si provvederà a riempire il foro mediante boiacca di cemento immessa dal fondo foro.

Il carotaggio si eseguirà a cura e spese dell'Impresa, quando ordinato della Direzione Lavori, in corrispondenza di quei pali ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle Norme Tecniche d'Appalto e alle disposizioni della medesima.

4.10.39.3 Scavi attorno al fusto del palo

Verranno richiesti ogni qualvolta si nutrano dubbi sulla verticalità e regolarità della sezione nell'ambito dei primi 4,0÷5,0 m di palo. Il fusto del palo dovrà essere messo a nudo e pulito con un violento getto d'acqua e reso accessibile all'ispezione visiva. Successivamente si provvederà a riempire lo scavo con materiali e modalità di costipamento tali da garantire il ripristino della situazione primitiva. Tali operazioni saranno eseguite, a cura e spese dell'Impresa, in corrispondenza di quei pali ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle presenti Norme Tecniche d'Appalto e alle disposizioni

della Direzione Lavori.

4.11. FANGHI BENTONITICI

4.11.1. Definizione e campi di applicazione

I fanghi bentonitici da impiegare negli scavi per l'esecuzione di diaframmi in c.a., nella realizzazione di perfori per l'esecuzione di pali trivellati, saranno ottenuti miscelando, fino ad avere una soluzione finemente dispersa, i seguenti componenti:

- acqua;
- bentonite in polvere;
- additivi eventuali (disperdenti, sali tampone, ecc.).

4.11.2. Preparazione del fango

Le bentoniti impiegate dovranno rispondere ai seguenti requisiti:

-	residui al setaccio n. 38 della serie UNI n. 2331-2332:	< 1%
-	tenore di umidità:	< 15%
-	limite di liquidità:	> 400
-	viscosità 1500÷1000 MARSH della sospensione al 6% in acqua distillata:	> 40s
-	decantazione della sospensione al 6% in 24 h:	< 2%
-	acqua "libera" separata per pressofiltrazione di 450 cm³ della sospensione al 6% in 30 min alla pressione di 0,7 MPa:	< 18 cm³
-	pH dell'acqua filtrata:	> 7 < 9
-	spessore del pannello di fango "cake" sul filtro della filtro pressa:	2,5 mm

Il dosaggio in bentonite, espresso come percentuale in peso rispetto all'acqua, dovrà risultare non inferiore al 4,5% e non superiore al 9%, salva la facoltà della Direzione Lavori di ordinare dosature diverse. Gli additivi dovranno essere prescelti tenendo conto della natura e dell'entità degli elettroliti presenti nell'acqua di falda in modo da evitare che essa provochi la flocculazione del fango.

La miscelazione sarà eseguita in impianti automatici con pompe laminatrici o mescolatori ad alta turbolenza accoppiati a cicloni ed operanti a circuito chiuso e con dosatura a peso dei componenti. Le attrezzature impiegate per la preparazione della sospensione dovranno comunque essere tali da assicurare la suddivisione minuta delle particelle di bentonite sospesa.

In ogni caso dovranno essere installate vasche di adeguata capacità (> 20 m³) per la "maturazione" del fango, nelle quali esso dovrà rimanere per 24 h dopo la preparazione prima di essere impiegato nella escavazione.

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

- peso specifico non superiore a 1,08 t/m³;
- viscosità MARSH compresa tra 38 s e 55 s.

4.11.3. Trattamento del fango

L'Impresa dovrà predisporre e mantenere operanti idonee apparecchiature di depurazione del fango che consentano di contenere entro limiti ristretti la quantità di materiale trattenuto in sospensione.

L'efficacia di tali apparecchiature dovrà essere tale da mantenere le caratteristiche del fango presente nel foro entro i limiti seguenti:

- peso di volume < 1,25 t/m³, nel corso della escavazione;

- contenuto percentuale volumetrico in sabbia < 6%, prima dell'inizio delle operazioni di getto.

Le determinazioni dei valori sopraindicati saranno condotte su campioni di fango prelevati a mezzo di apposito campionatore per fluidi in prossimità del fondo del cavo.

Per riportare le caratteristiche del fango ai limiti indicati esso deve essere fatto circolare per il tempo necessario, prelevandolo con una condotta aspirante dal fondo del cavo e facendolo passare attraverso separatori a ciclone (od apparecchi di pari efficacia) prima di reimmetterlo nel cavo.

In alternativa il fango nel cavo dovrà essere sostituito in tutto o in parte con fango fresco; il fango estratto sarà in tal caso depurato in un secondo tempo oppure convogliato a rifiuto presso discariche autorizzate nel rispetto delle vigenti norme di Legge.

4.11.4. Controllo del fango

Per il controllo della qualità del fango si eseguiranno, a cura e spese dell'Impresa e in contraddittorio con la Direzione Lavori, determinazioni sistematiche delle seguenti caratteristiche:

A) peso di volume;

B) viscosità MARSH;

C) contenuto in sabbia;

ripetendo le misure con la frequenza e le modalità di prelievo sotto indicate. Fanghi freschi maturati (determinazione delle caratteristiche A e B):

- prelievo nella vasca di maturazione con frequenza quotidiana, per ogni impianto di preparazione fanghi.

Fanghi in uso, nel corso della escavazione (determinazione della caratteristica A):

- prelievo entro il cavo, mediante campionatore, alla profondità sovrastante di 50 cm quella raggiunta dall'escavazione al momento del prelievo, con frequenza di un prelievo per ogni elemento (palo o pannello di diaframma) al termine dell'attraversamento degli strati più sabbiosi o al termine delle operazioni di scavo.

Fanghi prima dell'inizio del getto del conglomerato cementizio (determinazione delle caratteristiche A e C):

- prelievo mediante campionatore, alla profondità di 80 cm sopra il fondo dello scavo con frequenza di prelievo per ogni elemento da eseguire dopo che le armature metalliche ed il tubo di convogliamento sono già stati posti in opera.

La Direzione lavori potrà richiedere ulteriori controlli delle caratteristiche dei fanghi bentonitici impiegati, in particolare nella fase iniziale di messa a punto delle lavorazioni.

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

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

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

4.11.5. Prove di controllo

Caratteristiche e modalità d'uso delle apparecchiature che dovranno essere a disposizione in cantiere.

4.11.6. Misure del peso specifico o di volume

Si userà di regola una bilancia che consiste in un'asta graduata in g/l imperniata al basamento e munita ad un estremo di contrappeso ed all'altro di un contenitore per il fango.

Quest'ultimo una volta riempito di fango sarà chiuso con un coperchio forato; si garantirà il completo riempimento del contenitore facendo in modo che del fango fuoriesca dal foro.

Successivamente si avrà cura di pulire l'esterno del contenitore e del coperchio.

Si sposterà il cursore posto sull'asta finché questa assumerà una posizione orizzontale, individuata dalla bolla della livella montata sull'asta.

In tale posizione si leggerà direttamente sull'asta il peso di volume del fango racchiuso nel contenitore.

Per la taratura si riempirà il contenitore di acqua distillata controllando che il peso di volume indicato dal cursore corrisponda a 1000 g/l; in caso contrario si toglieranno o aggiungeranno dei pallini di piombo nel corpo del contrappeso. L'approssimazione delle misure dovrà essere di ±5 g/l.

4.11.7. Misura della viscosità

Si userà di regola l'imbuto di MARSH che consiste in un recipiente tronco - conico, avente la forma e le dimensioni seguenti: diametro della base superiore 152 mm (6"), altezza del tronco di cono 305 mm (12"); base inferiore costituita da ugello cilindrico di diametro interno 4,76 mm (3/16") e altezza 50,8 mm (2").

Si riempirà l'imbuto tenendo manualmente otturato il tubicino.

Durante il riempimento si avrà cura di fare passare il fango attraverso la reticella che è posta sulla bocca del recipiente permettendo così il filtraggio delle eventuali impurità.

La viscosità del fango sarà determinata misurando il tempo di deflusso del contenuto del cono compreso tra il livello corrispondente ad un riempimento di 1500 cm^3 e il livello corrispondente 500 cm^3.

4.11.8. Misura del pH

Questa misura si effettuerà usando delle speciali cartine reagenti dotate della capacità di assumere per ogni valore del pH un particolare colore. Dopo avere immerso la cartina nel fango, si confronterà il colore che la cartina ha assunto con quelli di riscontro: il corrispondente colore indicherà il valore del pH del fango.

Si avrà cura di non toccare con le mani la cartina reagente per non falsare la misura.

4.11.9. Misura del contenuto in sabbia

Si userà di regola un sabbiometro costituito da: una provetta conica graduata, un imbuto ed un filtro con rete a 200 MESH.

Si riempirà di fango la provetta fino al primo livello; poi si aggiungerà acqua fino al secondo livello indicato sulla provetta stessa.

Si otturerà con il pollice la bocca della provetta e si agiterà energicamente in modo da diluire il fango con l'acqua.

Si verserà il contenuto della provetta attraverso il filtro avendo cura di sciacquare la provetta con acqua pulita.

Si porrà quindi l'imbuto sulla provetta lavata e su di esso si disporrà il filtro rovesciato in modo che tutte le parti sabbiose trattenute cadano nella provetta.

Lavando il filtro con acqua pulita si farà scendere tutta la sabbia nella provetta e la si farà decantare.

Si leggerà direttamente sulla graduazione della provetta il contenuto percentuale volumetrico in sabbia del fango esaminato.

4.11.10. Misura dell'acqua libera e dello spessore del "cake"

Si userà una filtropressa che è di regola costituita da un telaio sul quale viene alloggiato un contenitore cilindrico munito superiormente di una apposita vite di blocco ed inferiormente di un tubicino che lo collega ad un cilindretto graduato.

Il contenitore a sua volta è composto, dal basso verso l'alto, dai seguenti elementi: un basamento, nel quale è inserito il tubicino; una guarnizione di gomma; una reticella; un disco di carta filtro; un'altra guarnizione di gomma; una cella; una terza guarnizione di gomma; un coperchio (predisposto per essere collegato ad una bomboletta di CO_2).

Per l'uso si assemblerà la cella con il basamento avendo cura di usare ogni volta un disco di carta da filtro nuovo.

Quindi si riempirà la cella con fango fino a 6 mm dal bordo superiore della cella.

Poi si monterà il coperchio e si alloggerà la cella nel telaio bloccandola permanente con la vite di pressione.

Poi si monterà la bomboletta di CO_2 e si darà pressione alla cella controllando che la pressione della cella sia di 7 bar.

Nello stesso momento in cui si darà pressione si farà scattare il cronometro e si misurerà l'acqua che esce dal tubicino posto al fondo della base della cella.

L'acqua sarà raccolta nel cilindretto graduato.

Le misure in cm^3 verranno effettuate dopo 30 minuti primi ed indicheranno il valore di acqua libera del fango esaminato.

Finita la prova si estrarrà la carta da filtro e si misurerà lo spessore in millimetri del pannello di fango (cake) formatosi sul filtro.

4.11.bis. TRATTAMENTI COLONNARI (Colonne consolidate - jet-grouting)

4.11.bis.1.Definizione

Si definiscono trattamenti colonnari quei trattamenti di consolidamento-impermeabilizzazione realizzati stabilizzando mediante rimescolamento il terreno con una miscela legante di acqua-cemento immessa a getto ad altissima pressione.
I trattamenti dovranno essere eseguiti secondo modalità di dettaglio approvate dalla Direzione Lavori (ad esempio l'impiego di rivestimenti provvisori, l'utilizzo di attrezzature per l'attraversamento di trovanti) e potranno essere realizzati in posizione verticale o comunque inclinati in relazione alle previsioni progettuali.

4.11.bis.2.Soggezioni geotecniche e idrologiche

Le tecniche di perforazione e le modalità di iniezione della miscela stabilizzante dovranno essere messe a punto, in relazione alla natura dei materiali da trattare ed alle caratteristiche idrogeologiche locali, mediante esecuzione di colonne di prova in numero rapportato alla quantità di colonne di terreno consolidato previste in progetto, con un minimo di una colonna di prova per elemento strutturale e comunque secondo le prescrizioni della Direzione Lavori.
Sulle colonne di prova verranno eseguiti, in base alle richieste della Direzione Lavori, le prove sottoelencate il cui onere deve intendersi a totale carico dell'Impresa:
- prove in sito mediante carotaggio continuo, su tutte le colonne e per l'intera loro lunghezza, ubicato all'incirca a metà del raggio teorico di ciascuna colonna;
- prove in laboratorio su campioni significativi, ricavati dalle carote estratte, comprendenti:
  - prove di rottura a compressione semplice, con rilievo della curva sforzi-deformazioni, da eseguire: dopo ventotto giorni di maturazione della miscela per terreni incoerenti, dopo quaranta giorni per terreni coesivi, ed inoltre ai tempi di maturazione corrispondenti a quelli dell'effettivo utilizzo nel lavoro;
  - prove di trazione brasiliana;
  - prove triassiali;
  - determinazione del valore dell'R.Q.D..

Se dalle prove di cui sopra risulterà che non sono stati raggiunti i limiti di resistenza e continuità di cui ai successivi punti, la Direzione Lavori ordinerà la verifica del sistema ed eventualmente proporrà al Progettista la revisione del progetto.

4.11.bis.3.Caratteristiche delle attrezzature

Le attrezzature di perforazione dovranno essere idonee a garantire deviazioni non superiori all'1,5% rispetto all'asse teorico.
Quelle di iniezione dovranno essere in grado di effettuare l'iniezione di ogni colonna senza interruzioni, in una unica fase, di norma almeno per profondità fino a 20÷25 m.
Dovranno essere munite di dispositivi di comando e di contagiri per il controllo della velocità di rotazione delle aste ed inoltre di dispositivi per la regolazione della velocità di risalita delle aste stesse (temporizzatore a scatti o simili).
L'impianto di miscelazione dovrà essere del tipo a cicli ripetitivi, con polmone di accumulo ed agitatore di miscela e munito di dispositivi di pesatura del cemento e di misura dell'acqua, dosatore di additivi e contacicli di miscelazione progressivo.
La centrale di iniezione sarà attrezzata con pompe ad alta pressione, > 30 MPa, dotate di manometri muniti di certificato ufficiale di taratura e posti a bocca foro.

4.11.bis.4.Tolleranze geometriche

Le tolleranze ammesse sull'assetto geometrico delle colonne di terreno consolidato sono le seguenti:
- la posizione dell'asse di ciascun punto di trattamento non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm salvo diverse prescrizioni della Direzione Lavori;
- la deviazione dell'asse della colonna rispetto all'asse di progetto non dovrà essere maggiore del 1,5%;
- la lunghezza non dovrà differire di ±15 cm da quella di progetto;
- il diametro delle colonne non dovrà in nessun caso risultare inferiore a quello nominale indicato in progetto.

4.11.bis.5.Tracciamento, programma lavori

Prima di iniziare la perforazione l'Impresa dovrà, a sua cura e spese, indicare sul terreno la posizione dei punti di trattamento da contrassegnare con picchetti, marche od altro, sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun punto di trattamento.
L'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori la seguente documentazione:
- una mappa dei trattamenti con la posizione di tutti i punti, contrassegnati con un numero progressivo;
- un programma cronologico di perforazione ed iniezione elaborato in modo da minimizzare gli effetti negativi della perforazione/iniezione sulle colonne consolidate già eseguite;
- una relazione riportante le caratteristiche dei materiali, ante e post lavorazione, da impiegare ed inoltre, le caratteristiche delle macchine e degli impianti.

La mancata presentazione della documentazione preliminare comporta la non autorizzazione all'inizio della esecuzione dei lavori, né verranno accettate eventuali lavorazioni svolte prima dell'approvazione delle modalità esecutive.

4.11.bis.6.Esecuzione dei trattamenti

In relazione al diametro nominale dei trattamenti colonnari, variabile da 0,60 m a 1,80 m, valgono le modalità operative di seguito riportate.

4.11.bis.6.1. Trattamenti colonnari fino a 1,00 m di diametro

Comprendono le seguenti fasi di lavorazione:
- perforazione a rotazione o rotopercussione, di diametro adeguato, eseguita di norma con impiego di rivestimento provvisorio;
- iniezione di una miscela di acqua e cemento tipo I II III IV V 42,5, o 42,5 R nel rapporto compreso tra 0,7/1 e 1,5/1, con l'impiego di additivi stabilizzanti, fluidificanti, acceleranti o ritardanti di presa, espansivi, impermeabilizzanti, antidilavamento, ecc., secondo le disposizioni della Direzione Lavori.
  La pressione di iniezione della miscela a bocca foro dovrà essere superiore a 30 MPa e la quantità di miscela iniettata dovrà superare il 70 % del volume teorico del terreno da trattare, con un minimo di 350 kg di cemento (peso secco) per metro cubo di terreno trattato.
  Mentre la miscela fuoriesce dagli ugelli posti alla estremità inferiore delle aste di iniezione, a queste ultime viene impresso un moto di rotazione ed estrazione a velocità predeterminata, tale comunque da soddisfare le seguenti condizioni:
  - velocità di rotazione: 10÷20 giri/min;
  - velocità di estrazione: 2÷6 m/min.

La resistenza a compressione semplice del terreno consolidato dovrà risultare ≥ 10 MPa a ventotto giorni nei materiali incoerenti, con limite minino di 5 MPa a quaranta giorni negli eventuali interstrati di terreni coesivi, salvo diverse indicazioni fornite dalla Direzione Lavori d'intesa con il Progettista, a seguito dei risultati del campo prova.
Il valore dell'R.Q.D. dovrà risultare non inferiore al 70%.

4.11.bis.6.2. Trattamenti colonnari di diametro superiore a 1.00 m

Comprendono le seguenti fasi di lavorazione:
- perforazione a rotazione o rotopercussione di diametro adeguato, eseguito di norma con l'impiego di rivestimento provvisorio;
- attraverso ugelli separati, dalle aste di perforazione vengono iniettati: acqua oppure aria ed acqua ad altissima pressione per la disgregazione del terreno; una miscela di acqua e cemento tipo I II III IV V 42,5, o 42,5 R per il consolidamento del terreno, nel rapporto compreso tra 0,7/1 e 1,5/1, con l'impiego di additivi stabilizzanti, fluidificanti, acceleranti o ritardanti di presa, espansivi, impermeabilizzanti, antidilavamento, ecc., secondo le disposizioni della Direzione Lavori.
  La pressione di iniezione dell'acqua dovrà essere superiore a 40 MPa; quella della miscela di 2-7 MPa e la quantità di miscela iniettata dovrà superare il 70% del volume teorico del terreno da trattare, con un minimo di 400 kg di cemento (peso secco) per metro cubo di terreno trattato.
  Mentre aria, acqua e miscela fuoriescono dagli ugelli posti all'estremità della batteria di aste di iniezione, a quest'ultima viene impresso un moto di rotazione e risalita a velocità predeterminata, tale comunque da soddisfare le seguenti condizioni:
  - velocità di rotazione: 3÷7 giri/min;
  - velocità di risalita: 1/20÷30 m/min.

La resistenza a compressione semplice, del terreno consolidato, dovrà risultare ≥ 8 MPa a ventotto giorni nei materiali incoerenti, con limite minimo di 5 MPa a quaranta giorni negli eventuali interstrati di materiali coesivi, salvo diverse indicazioni fornite dalla Direzione Lavori d'intesa con il Progettista, a seguito dei risultati del campo prove.
Il valore dell'R.Q.D. dovrà risultare non inferiore al 70%.

4.11.bis.7.Armatura dei trattamenti colonnari

Quando previsto in progetto, le colonne dovranno essere armate con elementi in acciaio (tubi di acciaio tipo Fe 510 certificati all'origine, senza saldatura longitudinale del tipo per costruzione meccanica con manicotti di giunzione filettati), da introdurre a spinta con idonea attrezzatura nel corpo delle colonne in corrispondenza del perforo appena ultimata l'iniezione e prima che la miscela inizi la presa.
Nel caso sia previsto l'inserimento dell'armatura in acciaio, ad avvenuta presa della miscela, si dovrà procedere alla esecuzione di un foro di diametro adeguato nel corpo delle colonne, all'introduzione dell'armatura (tubi o barre in acciaio) ed al suo inghisaggio mediante iniezione a pressione di malta di cemento; la malta verrà iniettata attraverso lo stesso tubo in acciaio, quando l'armatura è tubolare ed attraverso un tubo in PVC quando l'armatura è in barre.
Qualora all'atto dell'arrivo in cantiere dei materiali, non fosse fornita la certificazione d'origine, tutta la fornitura sarà considerata non idonea e verrà immediatamente allontanata dal cantiere stesso a totale cura e spese dell'Impresa.

4.11.bis.8.Controlli

I controlli sui trattamenti colonnari da eseguire a cura e spese dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori e con la frequenza di seguito indicata, dovranno essere finalizzati a verificare la congruenza dei risultati conseguiti in sede operativa con le tolleranze ammesse e le soglie minime di

resistenza.
La geometria dei trattamenti (diametro, posizione e deviazione dell'asse, lunghezza) e la resistenza a compressione del terreno consolidato dovranno essere accertati con le prove sotto elencate su colonne scelte dalla Direzione Lavori:

- Scavi di ispezione e prelievo di campioni indisturbati su tratti di colonne in ragione di una colonna ogni 100 eseguite; gli scavi dovranno essere spinti almeno fino alla profondità di 4 m e successivamente rinterrati procedendo a strati accuratamente compattati;
- Sondaggi sulle colonne, in ragione di una colonna ogni 100 eseguite mediante carotaggio a rotazione continua con batteria di aste e doppio carotiere tipo T2 e/o T6s con corone diamantate di diametro nominale $\geq$ 100 mm.
  Il sondaggio dovrà essere posizionato all'incirca a metà del raggio teorico della colonna e dovrà essere spinto per tutta la lunghezza della colonna fino a penetrare nel terreno naturale alla base della stessa. Si dovrà evitare che l'acqua di spurgo dilavi la carota.
  Le carote estratte devono essere custodite con cura in apposite cassette catalogatrici.

In questa fase dovrà essere determinato l'indice R.Q.D. (Indice di Recupero Modificato) espresso come percentuale di recupero del carotaggio tenendo conto dei soli spezzoni di carota di lunghezza $\geq$ 100 mm:

$$\text{R.Q.D. \%} = \frac{\text{Somma della lunghezza degli spezzoni} \geq 100\ \text{mm}}{\text{lunghezza perforata}} \times 100$$

La Direzione Lavori selezionerà un certo numero di campioni per carota (mediamente da 3 a 5) da sigillare con paraffina entro fustelle in PVC e da inviare in laboratorio per le prove di resistenza a compressione.
Negli scomparti delle cassette catalogatrici saranno inseriti distanziatori al posto dei campioni di carota prelevati per il Laboratorio e su ciascuno saranno indicati la quota e la lunghezza del campione.
Ogni cassetta verrà fotografata utilizzando film a colori ed avendo cura che le quote ed i riferimenti (cantiere, numero sondaggio) risultino leggibili anche nel fotogramma.
Qualora dalle prove di cui sopra risultasse che anche uno solo dei parametri sottoelencati:

- tolleranze geometriche
  - posizione dell'asse
  - deviazione dell'asse
  - lunghezza
  - diametro
- resistenza a compressione semplice
- valore di R.Q.D.

è variato rispetto a quanto stabilito in precedenza, con scostamenti negativi contenuti nei limiti del 10%, la Direzione Lavori d'intesa con il Progettista, effettuerà una verifica della sicurezza.
Nel caso che tale verifica dia esito positivo, il trattamento colonnare verrà accettato, ma verrà penalizzato il lotto oggetto della prova.
Qualora gli scostamenti negativi superino il limite del 10%, l'Impresa sarà tenuta a sua totale cura e spese al rifacimento dei trattamenti oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi, dovranno essere formalmente approvati dalla Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista.
La Direzione potrà inoltre richiedere ulteriori prove e verifiche come le prove vibrazionali, sismiche ed ultrasuoni da eseguirsi in numero e posizioni stabilite ad insindacabile giudizio della stessa.

4.11.bis.9.Documentazione dei lavori

L'esecuzione di ogni trattamento colonnare sarà documentata mediante la compilazione da parte dell'Impresa, in contraddittorio con la Direzione Lavori, di una apposita scheda sulla quale si registreranno i dati seguenti:

- identificazione della colonna;
- data di inizio perforazione e termine iniezione;
- profondità di perforazione con inizio e fine del tratto consolidato;
- durata dell'iniezione;
- assorbimento totale effettivo di miscela di iniezione;
- tipo e quantitativo di additivi eventualmente impiegati.

Tale scheda dovrà essere riportata su apposito modello e tempestivamente trasmesso dall'Impresa alla Direzione Lavori.

4.11.ter. POZZI DI FONDAZIONE E CONTRAFFORTI A POZZO

4.11.ter.1. Definizione e campi di impiego

Si definiscono pozzi quei manufatti fondati nel terreno aventi asse verticale e sezione trasversale costante non superiore a 80 m².
La sezione trasversale sarà circolare, ellittica o poligonale, come indicato negli elaborati di progetto.
I pozzi possono essere impiegati per costituire fondazioni profonde che raggiungano le formazioni giudicate idonee a fornire la capacità portante di progetto o con un adeguato immorsamento, costituire opere di sostegno, o ancora a consentire l'esecuzione di opere di drenaggio.
L'esecuzione del pozzo potrà essere effettuata in materie di qualsiasi natura e consistenza, anche in presenza di acqua; dovrà avvenire garantendo durante le fasi di lavoro la stabilità delle pareti dello scavo in modo tale da evitare franamenti e da minimizzare la riduzione delle caratteristiche meccaniche del terreno circostante.
Il sostegno delle pareti di scavo potrà essere affidato ad interventi di sottomurazione o ad elementi prefabbricati affondati progressivamente con l'avanzare dello scavo.
Raggiunta la quota di base del pozzo, la parte strutturale dovrà risultare realizzata in modo conforme a quanto stabilito in progetto, in dipendenza della funzione assegnata al pozzo e delle condizioni geotecniche e idrogeologiche del sottosuolo.
Il materiale di risulta, proveniente dallo scavo, se ritenuto non idoneo al suo reimpiego, dovrà essere portato a discarica.

4.11.ter.2. Dettagli esecutivi

Le modalità ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere conformi ai progetti ed approvati dalla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori.
In presenza di terreni scarsamente coesivi, lo scavo sarà preceduto da interventi di consolidamento. Dopo ogni fase di scavo verrà posta in opera una centinatura metallica ed un prerivestimento in conglomerato cementizio spruzzato armato con rete in acciaio elettrosaldata, di tipologie e dimensioni come riportate negli elaborati progettuali.
In presenza di trovanti o nell'attraversamento di rocce da mina il metodo di scavo dovrà essere tale da non danneggiare le strutture esistenti, da non penalizzare le caratteristiche meccaniche dei terreni circostanti, da non variare le caratteristiche idrogeologiche locali e dovrà essere condotto con modalità tali che non si abbiano a verificare condizioni pregiudizievoli per la salute e l'incolumità pubblica.
Qualora ricorra la possibilità che possano derivare danni alle proprietà limitrofe, il benestare della Direzione Lavori all'impiego di esplosivo è subordinato ai risultati di misure vibrazionali e di controllo che l'Impresa dovrà eseguire a sua cura e spese secondo schemi e metodologie approvate dalla stessa Direzione Lavori.
Nel corso dello scavo del pozzo l'Impresa dovrà riportare su scheda la natura dei materiali attraversati; è facoltà della Direzione Lavori richiedere all'Impresa l'esecuzione sistematica di fotografie a colori a documentazione della natura dei terreni attraversati.
Alla base del pozzo potrà essere previsto uno scavo di allargamento allo scopo di ampliare l'area di appoggio.
Raggiunta la prevista quota di fondazione, il fondo dello scavo dovrà essere portato in piano, accuratamente ripulito dai detriti e dal terreno smosso o rammollito eventualmente presente, anche con l'impiego di attrezzi a mano.
Prima del getto del conglomerato cementizio magro di regolarizzazione del fondo dello scavo, ciascun pozzo dovrà essere ispezionato dalla Direzione Lavori, cui compete il benestare al getto.
Nel caso i pozzi debbano attraversare terreni sede di falda, l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, al suo abbassamento in modo da evitare che si verifichino sifonamenti o riduzioni delle caratteristiche meccaniche dei terreni in sito.
In funzione della natura e della permeabilità del terreno, delle dimensioni del pozzo e della quota piezometrica della falda, si dovranno predisporre in accordo con la Direzione Lavori gli opportuni mezzi di esaurimento ed abbattimento della falda, quali:
- pozzetti di aggottamento adeguatamente approfonditi rispetto alle quote man mano raggiunte dallo scavo;
- pozzi preventivamente trivellati, all'interno o all'esterno del pozzo, equipaggiati con pompe sommerse a funzionamento automatizzato.
- eventuali opere atte a limitare gli emungimenti (tipo ture o paratie impermeabili).

La potenzialità degli impianti di aggottamento, la quota di regolazione forzata della falda e le installazioni di servizio del pozzo dovranno essere tali da garantire l'evacuazione in sicurezza del personale addetto alle lavorazioni sul fondo del pozzo nel caso di interruzione improvvisa dell'alimentazione di energia elettrica.
Nel pozzo di fondazione potranno anche essere previste opere definitive di drenaggio, quali:
- bande o teli filtranti interposti tra il terreno ed il rivestimento;
- dreni perforati provvisti di tubi microfessurati eseguiti a partire dall'interno del pozzo;
- perforazioni o cunicoli per l'alloggiamento delle condutture di recapito delle acque drenate;

secondo le indicazioni progettuali.
La geometria dell'opera, la classe del conglomerato cementizio da impiegare nelle diverse parti, le armature metalliche ed il grado di finitura delle superfici di ripresa o eventualmente in vista, dovranno essere conformi alle indicazioni del progetto.
In ogni caso la classe del conglomerato cementizio da impiegare nelle diverse parti dovrà essere $\geq$ 20/25 MPa.
Nel caso di pozzi abbinati, i rivestimenti potranno risultare per un tratto a contatto oppure in comune ed attraverso essi si potrà rendere necessario il passaggio di traversi di collegamento in conglomerato cementizio.
Qualora durante le fasi di scavo si manifestino rilasci o cavità lungo le pareti, l'Impresa dovrà provvedere tempestivamente a sua cura e spese, ad eseguire iniezioni di intasamento con le modalità che saranno via via indicate dalla Direzione Lavori.
Allorché il pozzo viene impostato su un terreno in pendio molto acclive potrà essere richiesto dal progetto che la parte sommitale del rivestimento (edicola) venga conformata a becco di flauto in modo tale da assecondare la morfologia locale.
In funzione delle locali condizioni di stabilità, l'edicola potrà essere realizzata o preliminarmente mediante struttura non vincolata al pozzo o per sottomurazione dei primi anelli ad altezza variabile (massima a monte e minima a valle).
Nel caso l'edicola venga realizzata preliminarmente all'esecuzione del pozzo, previo sbancamento, l'Impresa dovrà provvedere all'immediato rinterro a

tergo della struttura.

4.11.ter.3. Documentazione dei lavori

L'esecuzione di ciascun pozzo comporterà la registrazione delle seguenti indicazioni su apposita scheda compilata dall'Impresa in contraddittorio con la Direzione Lavori:
- dimensioni e caratteristiche del pozzo;
- modalità esecutive;
- caratteristiche della falda;
- stratigrafia dettagliata dei terreni attraversati corredata, dove richiesto, da documentazione fotografica;
- descrizione delle eventuali situazioni anomale e dei relativi provvedimenti adottati (iniezione di intasamento, ecc.);
- descrizione delle eventuali opere di drenaggio poste in opera.

Tale scheda dovrà essere riportata su apposito modello che dovrà essere trasmesso dall'Impresa alla Direzione Lavori.

4.11.quater. DRENI

4.11.quater.1. Dreni perforati nel terreno

4.11.quater.1.0. Definizione e scopo

Si designano con il termine di dreni perforati quelli ottenuti inserendo nel terreno, grazie ad una trivellazione, un tubo almeno in parte filtrante.
Salvo esplicito diverso avviso si farà nel seguito riferimento a terreni sciolti e non a rocce lapidee.
I dreni hanno lo scopo di captare venute localizzate o di limitare al valore richiesto dal progetto la quota massima della piezometrica della falda avente sede nei terreni attraversati.
Le caratteristiche del sistema drenante (tipo, interasse, lunghezza e disposizione dei dreni) sono quelle stabilite in progetto.
Per tale tipo di opere si applicheranno le norme contenute nel D.M. 11/03/1988 e successive modificazioni ed integrazioni.

4.11.quater.1.1. Perforazione

La perforazione dovrà essere condotta con un unico calibro per tutto il tratto filtrante; si ammetterà un calibro maggiore per il solo tratto eventualmente equipaggiato con tubo cieco se ciò risulta utile per il raggiungimento della lunghezza totale richiesta.
In ogni caso durante la perforazione dovrà essere garantita la stabilità del foro anche mediante un rivestimento metallico provvisorio fino alla posa del tubo filtrante.
Si potranno adottare attrezzature a rotazione o a rotopercussione e circolazione di acqua (preferibilmente) oppure di aria; non è ammessa la circolazione di fango bentonitico.
Al termine della perforazione il foro interamente rivestito dovrà essere sgombrato dai detriti residui mediante lavaggio con il fluido di circolazione.
La rigidezza delle aste di perforazione dovrà essere tale da consentire di mantenere le deviazioni dell'asse del foro rispetto alla retta di progetto entro un cono avente 1° 30' di semiapertura con vertice a bocca foro.
L'ordine d'esecuzione sarà tale da evitare la perforazione contemporanea di dreni posti ad interassi < 10 m.

4.11.quater.1.2. Fornitura e posa del tubo filtrante

Il tubo filtrante sarà dotato di fessure calibrate di apertura adeguata alle caratteristiche del terreno, disposte lungo l'intera circonferenza oppure su un settore di 240°; in quest'ultimo caso le giunzioni dei tubi dovranno essere marcate e gli spezzoni di tubo dovranno essere assemblati in modo da mantenere per tutta la lunghezza il settore non fessurato nella medesima posizione rispetto all'asse del dreno, a cavallo della generatrice inferiore del tubo.
I tubi saranno costituiti da materiale plastico non alterabile, del diametro interno previsto dal progetto, che di norma sarà compreso tra 50 e 90 mm, salvo diverse indicazioni della Direzione Lavori; saranno scanalati longitudinalmente e dovranno avere spessori e resistenze tali da garantire la corretta posa in opera nelle diverse condizioni di applicazione e la invariabilità geometrica nel tempo; in ogni caso lo spessore non dovrà essere inferiore a 4,5 mm.
La differenza tra il diametro esterno del tubo filtrante (esclusi i manicotti di giunzione) ed il diametro interno del perforo o dell'eventuale rivestimento provvisorio dello stesso, non dovrà essere superiore a 20 mm.

4.11.quater.1.3. Dispositivo di separazione tra il tratto filtrante ed il tratto cieco

Ove richiesto, il tubo sarà dotato degli accessori atti a permettere la separazione del tratto filtrante da quello cieco, mediante la cementazione dell'intercapedine che rimane tra tubo e perforo lungo il tratto cieco.
A questo scopo si predisporranno:
- n. 2 valvole a manicotto a distanza di 100 cm e 150 cm circa dal punto di giunzione tra il tubo filtrante ed il tubo cieco;

- un tubolare di tela juta (o tessuto di consimile trama) avente 30÷40 cm di diametro e 200 cm di lunghezza posto sulla parte terminale più profonda del tubo cieco e pieghettato in modo da aderirvi ("sacco otturatore").
  Il tubolare di tela sarà strettamente legato alle estremità e ricoprirà le due valvole a manicotto di cui sopra;
- una o più valvole a manicotto lungo la parte cieca del tubo non occupato dal sacco otturatore.

Le operazioni di cementazione saranno eseguite ponendo in opera una miscela acqua/cemento con rapporto a/c=0,5 mediante un condotto di iniezione munito di doppio otturatore, subito dopo l'estrazione del rivestimento provvisorio.
La sequenza operativa sarà la seguente:

- posa del doppio otturatore in corrispondenza della valvola inferiore.
  La seconda valvola compresa entro il sacco servirà in caso di mancato funzionamento della prima;
- iniezione di un volume di miscela corrispondente a quello del sacco otturatore interamente riempito; la pressione di iniezione espressa in MPa dovrà risultare compresa tra 0,02•▯•Z (dove «Z» è la differenza di quota tra la valvola inferiore e la bocca del foro e «▯» è il peso specifico del terreno) ed un valore che assicuri un adeguato margine di sicurezza rispetto alla pressione che provoca la lacerazione del sacco tubolare o il suo sfilamento dalle legature alle estremità;
- spostamento del doppio otturatore sulla valvola appena al di sopra del sacco otturatore ed iniezione di miscela cementizia fino al suo rifluimento a bocca foro;
- solo nel caso che franamenti o rigonfiamenti del terreno impediscano la risalita a giorno della miscela, l'operazione potrà essere proseguita tramite la valvola (o le valvole) ulteriormente disposte lungo il tratto cieco.

4.11.quater.1.4. Lavaggio e manutenzione dei dreni

Subito dopo l'installazione del tubo (o subito dopo l'ultimazione delle operazioni di cementazione di cui al paragrafo precedente) ciascun dreno dovrà essere abbondantemente lavato con acqua.
Allo scopo si dovrà inserire entro il tubo una lancia con tratto terminale metallico, munito di ugelli a direzione radiale e di pattini che ne consentano lo scorrimento lungo il tubo senza danneggiarlo.
Il lavaggio con acqua verrà iniziato con la lancia inserita fino in fondo al tubo; esso verrà proseguito fino ad ottenere che l'acqua riemergente alla bocca del tubo sia limpida, ritirando poi gradualmente la lancia.
L'operazione di lavaggio dovrà essere ripetuta una o più volte durante il periodo iniziale di esercizio dei dreni e, nel seguito, fino al collaudo delle opere qualora le operazioni di ispezione e controllo ne rivelassero un parziale intasamento ad opera delle frazioni più fini del terreno attraversato.
Il primo lavaggio, il flusso dell'acqua emunta in esercizio ed i lavaggi successivi dovranno conseguire lo scopo di selezionare granulometricamente il terreno nelle adiacenze del tubo filtrante, in modo da creare un ulteriore filtro rovescio naturale che consenta a regime l'esercizio del dreno senza trasporto di materia solida.

4.11.quater.1.5. Dreni in rocce lapidee

I dreni in rocce lapidee fessurate potranno essere costituiti da:

a) - semplici perforazioni non rivestite;
b) - perforazioni equipaggiate con tubi bucherellati (diametro dei fori 4÷7 mm) ed avvolti da calze di non tessuto;
c) - perforazioni equipaggiate con tubi microfessurati.

Si useranno le prime in presenza di rocce con fessure non occupate da detriti fini, le seconde nel caso di fessure contenenti riempimenti argillosi e le ultime nel caso si incontrino detriti di granulometria prevalentemente compresa nel campo dei limi e delle sabbie.

4.11.quater.1.6. Dreni in terreni argillosi stringenti

Verranno equipaggiati con tubi bucherellati e rivestiti di calza in geotessile non tessuto; non saranno sottoposti ad ulteriori lavaggi dopo l'installazione.
Per le rimanenti operazioni vale quanto indicato ai paragrafi precedenti.

4.12. DRENI PREFABBRICATI A NASTRO

4.12.1. Definizioni e campo di impiego

Si definiscono dreni prefabbricati a nastro quelli costituiti da un elemento di materiale termoplastico, perforato ed ondulato, altamente drenante, avvolto in geotessili in polipropilene non tessuto a filo continuo di elevata permeabilità.

L'installazione nel terreno dei dreni avverrà mediante un contenitore metallico ("mandrino"), di dimensioni trasversali poco superiori a quelle del nastro, che verrà infisso a pressione in direzione verticale (o, più raramente, inclinata) fino alla profondità richiesta.

Successivamente verrà estratto il mandrino abbandonando in posto il dreno in esso contenuto.

Allorché la natura del terreno superficiale o la presenza di ostacoli non consentano la penetrazione del mandrino, si potrà ovviare facendo precedere l'esecuzione di un preforo (generalmente a rotopercussione) per l'attraversamento del tratto in cui è impedita l'infissione.

Scopo dei dreni è quello di provvedere, in seno a strati compressibili di bassa permeabilità (limi ed argille normalmente consolidati), vie di espulsione

dell'acqua interstiziale aventi bassa resistenza idraulica e disposte ad interassi ravvicinati, in modo da ridurre a termini accettabili il tempo di consolidazione primaria degli strati interessati sotto i carichi statici loro imposti.

4.12.2. Requisiti del nastro prefabbricato

Il nastro prefabbricato dovrà essere del tipo previsto e approvato dalla Direzione Lavori.

Dovrà avere un'anima di materia plastica (P.V.C., polietilene, polipropilene) sagomata in modo da costituire un insieme di canali paralleli longitudinali, aperti lateralmente verso l'involucro filtrante.

L'involucro filtrante sarà costituito da un geotessile non tessuto in polipropilene a filo continuo opportunamente trattato, in modo da garantire resistenza e durata nel tempo adeguate all'impiego.

Dovranno essere precisati e garantiti i seguenti parametri caratteristici, da sottoporre al benestare della Direzione Lavori:

a) capacità di trasporto acqua alla pressione laterale, esercitata sull'involucro in geotessile, di 0,3 MPa: $\geq$ 850 m³/anno;

b) permeabilità radiale all'acqua dell'involucro in geotessile, alla pressione di 0,002 MPa, non inferiore a 0,8 cm/s.

4.12.3. Preparazione del piano di lavoro e posa del materasso drenante di collegamento

Preventivamente all'installazione dei dreni il piano di campagna dovrà essere scoticato, asportando ogni residuo di terreno vegetale e regolarizzando la superficie.

Sul piano così preparato si porrà in opera un materasso drenante formato da uno strato di sabbia medio-grossa dello spessore previsto in progetto, avente curva granulometrica compresa entro i limiti seguenti:

APERTURA vaglio UNI (mm)	PASSANTE %	
	MIN	MAX
0,075	0	3
0,40	0,00	10,00
2,00	15,00	45,00
5,00	35,00	75,00
10,00	70,00	100,00

Si procederà quindi, in accordo con la Direzione Lavori, al tracciamento della maglia dei dreni, installando un picchetto di legno di appropriate dimensioni nella posizione di ciascun dreno da installare.

4.12.4. Installazione dei dreni

La sezione trasversale del mandrino dovrà essere la minima compatibile con la rigidezza necessaria per consentire l'infissione.

All'estremità inferiore il dreno dovrà essere collegato al mandrino con una piastra di ancoraggio a perdere, in grado di assolvere alle seguenti funzioni:

- impedire l'ingresso di terreno nel mandrino;
- vincolare l'estremità inferiore del dreno alla base del mandrino durante l'infissione;
- vincolare l'estremità inferiore del dreno al terreno, durante l'estrazione del mandrino.

L'Impresa dovrà sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori le caratteristiche seguenti delle attrezzature che propone di impiegare:

- massima spinta verso il basso che può essere esercitata sul mandrino durante l'infissione;
- massima profondità raggiungibile;
- esigenze specifiche del piano di lavoro per assicurare la movimentazione delle attrezzature di infissione;
- sezione trasversale del mandrino e dimensioni della piastra di ancoraggio, che dovranno essere le minime compatibili con la loro funzionalità.

Nel caso che la manovra di infissione a pressione debba essere preceduta dal preforo, l'Impresa dovrà sottoporre alla approvazione della Direzione Lavori il tipo di attrezzatura prescelto per il preforo e le modalità operative proposte.

La posizione effettiva di ciascun dreno non dovrà scostarsi più di 10 cm da quella di progetto; per i dreni che non rispettassero questa tolleranza dovranno essere eseguiti dreni aggiuntivi a cura e spese dell'Impresa, nelle posizioni che saranno indicate dalla Direzione Lavori, in misura non superiore ad un dreno aggiuntivo per ogni dreno non correttamente installato.

4.13. TIRANTI DI ANCORAGGIO NEI TERRENI

4.13.1. Definizioni e scopo

I tiranti di ancoraggio sono elementi strutturali operanti in trazione ed atti a trasmettere forze al terreno; essi dovranno rispondere alle norme prescritte dal D.M. 11/03/1988. 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 le forze di trazione del tirante.

In relazione alla durata di esercizio definita nel progetto i tiranti si distinguono in:

- provvisori, se la durata della funzionalità non supera i ventiquattro mesi;
- permanenti, se la durata della funzionalità eguaglia o supera i ventiquattro mesi.

Le caratteristiche geometriche e strutturali dei tiranti sono definite nel progetto esecutivo.

4.13.2. 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 e spese, 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; tale numero dovrà essere pari almeno al 2% del numero totale dei tiranti con un minimo di 2.

I tiranti preliminari di prova dovranno essere eseguiti in aree limitrofe a quelle interessanti i tiranti di progetto e comunque rappresentative dal punto di vista geotecnico e idrogeologico.

Le modalità di applicazione e l'entità del carico massimo di prova e così pure la successione dei cicli di carico e scarico, saranno prescritti dalla Direzione Lavori, in accordo con eventuali prescrizioni di progetto e con le raccomandazioni "A.I.C.A.P." su "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce" (maggio 1993).

I tiranti preliminari di prova dovranno essere eseguiti alla presenza della Direzione Lavori cui spetta l'approvazione delle modalità esecutive da adottarsi per i tiranti di progetto.

Di tutte le prove e controlli eseguiti l'Impresa si farà carico di presentare documentazione scritta.

La mancata presentazione della documentazione preliminare comporta la non autorizzazione all'inizio della esecuzione dei lavori, né verranno accettate eventuali lavorazioni svolte prima dell'approvazione delle modalità esecutive.

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.

4.13.3. Soggezioni geotecniche, idrogeologiche e ambientali

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

La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere messi a punto mediante l'esecuzione di tiranti di ancoraggio preliminari di prova, approvati dalla 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 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:

- il grado idrotimetrico (durezza) dell'acqua del terreno o di falda risulti < 3° F;
- il valore del pH dell'acqua risulti < 6;
- il contenuto in CO_2 disciolta nell'acqua risulti > 30 mg/l;

- il contenuto in NH_4 dell'acqua risulti > 30 mg/l;
- il contenuto in ioni Mg dell'acqua risulti > 300 mg/l;
- il contenuto in ioni SO dell'acqua risulti > 600 mg/l o > 6000 mg/kg di terreno secco;
- i tiranti si trovino in vicinanza di linee ferroviarie o di altri impianti a corrente continua non isolati e con potenze maggiori di 50 kW;
- l'opera risulti situata a distanza ≤ 300 m dal litorale marino.

In caso di ambiente aggressivo accertato, l'utilizzo del tipo di cemento dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori e l'Impresa dovrà certificarne l'idoneità.

4.13.4. Materiali ed elementi costruttivi

4.13.4.1 Acciai e dispositivi di bloccaggio

Gli acciai impiegati nella realizzazione dei tiranti di ancoraggio dovranno essere conformi alle norme del D.M. in vigore emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5/11/1971 n. 1086.

I dispositivi di bloccaggio dovranno essere conformi alle disposizioni dell'allegato "B" della Circolare Ministero LL.PP. 30/06/1980 ed eventuali successivi aggiornamenti.

I tiranti ed i dispositivi di bloccaggio, al momento del loro arrivo in cantiere dovranno essere corredati della certificazione d'origine riferita ad ogni loro componente (trefoli, guaine, piastre). Qualora così non fosse la fornitura non verrà accettata ed immediatamente allontanata, a cura e spese dell'Impresa, dal cantiere stesso.

In corso d'opera si eseguiranno controlli sui tiranti, prelevando anche campioni di guaina protettiva se prevista in acciaio e di piastre, nella misura di un prelievo per ogni fornitura giunta in cantiere.

4.13.4.2 Miscele di iniezione: composizione e controlli

Saranno usate miscele a base di cemento, aventi la seguente composizione:

- cemento tipo II 32,5, 32,5R, 42,5 o 42,5R in presenza di ambiente non aggressivo: 100 kg;
- cemento tipo III A 32,5R o 42,5R oppure IV A 32,5R o 42,5R in presenza di ambiente aggressivo: 100 kg. Non sono ammessi cementi di tipo I 52,5 o 52,5R;
- acqua: 45 kg max;
- filler calcareo o siliceo: 0÷30 kg;
- bentonite: 0÷4 kg;
- eventuali additivi (superfluidificanti, antiritiro);
- eventuali additivi ritardanti per l'iniezione di prima fase riferita al contorno dello scavo.

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. Il filler dovrà presentare un passante al setaccio n. 37 della serie UNI n. 2332 (apertura 0,075 mm) inferiore al 3% in peso.

Gli additivi non dovranno essere aeranti.

Non sono ammessi additivi accelleranti di presa a base di cloruri.

Qualora si verificasse l'esigenza di ottenere resistenze elevate alle brevissime od alle brevi stagionature (1 d, 3 d o 7 d), anche in presenza di temperature minori di 278 K, oppure in casi particolari in cui si verifichino critiche condizioni al contorno (acque di falda in condizioni dinamiche, terreni fortemente assorbenti, che possono ostacolare la connessione del tirante e provocare lo sfilamento dello stesso in fase di tesatura, oppure di eccezionale aggressività ambientale ecc.), la Direzione Lavori potrà ordinare all'Impresa l'utilizzo di malte cementizie premiscelate con granulometria dell'inerte pari a 0÷0,3 mm max, monocomponenti formate da leganti solfato resistenti, additivi superfluidificanti ed espansivi.

La miscela, confezionata con i cementi sia di tipo 32,5R sia di tipo 42,5R, precedentemente menzionati, dovrà presentare i seguenti requisiti, periodicamente controllati durante le lavorazioni:

- fluidità MARSCH da 20" a 35";
- essudazione < 2%;
- peso specifico della miscela che non potrà discostarsi per più di 0,05 g/cm² rispetto a quello ottimale definito in sede progettuale;
- resistenza a compressione a ventotto giorni ≥ 28/35 MPa.

La miscela confezionata con boiacca premiscelata dovrà presentare i seguenti requisiti minimi salvo diverse disposizioni indicate in progetto o prescritte

durante la fase esecutiva, da controllarsi ogni 50 tiranti o frazione eseguiti:

- rapporto acqua/polvere: 0,20÷0,22;
- fluidità MARSCH da 10" a 35";
- peso specifico della miscela 2,160 g/cm³ ± 0,10 g/cm³;
- essudazione 1%;
- resistenza a flessione: 7 h ≥ 1,0 MPa; 1 d ≥ 5 MPa; 3 d ≥ 6,5 MPa; 7 d ≥ 10,5 MPa; 28 d ≥ 11,3 MPa;
- resistenza cubica a compressione: 7 h ≥ 2,0 MPa; 1 d ≥ 35 MPa; 3 d ≥ 50 MPa; 7 d ≥ 60 MPa; 28 d ≥ 65 MPa;
- espansione % fino a otto ore secondo la norma ASTM 827: ½ h: +0,6; 1 h: +1; 4 h: +0,8; 8 h: +0,8;
- espansione % fino a ventotto giorni secondo la norma ASTM 827: 1 d: +0,78; 3 d: +0,78; 7 d: +0,76; 28 d: +0,76;
- spandimento con tavola a scosse secondo UNI 7044 considerando un rapporto acqua polvere 0,20: 85%.

Di tali miscele dovrà essere presentato alla Direzione Lavori, per riceverne l'approvazione, uno studio preliminare riportante le modalità di confezione, miscelazione ed iniezione della miscela stessa e comprovante l'effettiva corrispondenza a quanto previsto nelle presenti Norme Tecniche.

Di tutte le prove e controlli eseguiti l'Impresa si farà carico di presentare documentazione scritta.

La mancata presentazione della documentazione preliminare comporta la non autorizzazione all'inizio della esecuzione dei lavori, né verranno accettate eventuali lavorazioni svolte prima dell'approvazione delle modalità esecutive.

La prova di fluidità, la prova di essudazione e la misura del peso specifico della miscela, dovranno essere eseguite a cura e spese dell'Impresa all'inizio di ciascuna giornata lavorativa ed in ogni caso ripetute dopo l'iniezione di 50 ancoraggi.

Se, in occasione di tali controlli, anche solo una delle due prove non fornisse risultati conformi a quanto prescritto, le iniezioni devono essere sospese e potranno riprendere solo dopo la confezione di una nuova miscela dalle idonee caratteristiche.

Dovrà essere fatto il controllo della resistenza a compressione della miscela mediante prelievi per ogni tirante.

La miscela dovrà essere confezionata mediante mescolatori ad alta velocità di rotazione (> 20 giri/s) o a ciclone.

Le apparecchiature, necessarie alla esecuzione delle prove per le miscele di iniezione impiegate, dovranno essere a disposizione in cantiere durante le lavorazioni ed avranno caratteristiche analoghe a quanto prescritto nelle presenti Norme Tecniche. Le prove per il controllo della resistenza a compressione delle miscele utilizzate dovranno essere eseguite a cura e spese dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, presso Laboratori Ufficiali.

Relativamente alle modalità di esecuzione per il controllo della fluidità e della essudazione della miscela di iniezione si farà riferimento a quanto indicato nelle presenti Norme Tecniche.

4.13.5. Misura della fluidità con il cono di MARSH modificato

L'apparecchio dovrà essere costruito in acciaio inossidabile e avere la forma e le dimensioni che seguono: cono con diametro di base 15,5 cm, altezza 29 cm; ugello cilindrico diametro interno 1,0 cm, altezza 6 cm, riempimento fino a 1 cm dal bordo superiore. La fluidità della boiacca sarà determinata misurando il tempo totale di scolo del contenuto del cono, diviso per 1,77.

La fluidità della boiacca sarà ritenuta idonea quando detto tempo sarà compreso tra 15 e 25 s subito dopo l'impasto e tra 25 e 35 s a 30 min dall'impasto (operando alla temperatura di 293 K).

4.13.6. Misura dell'essudazione della boiacca (bleeding).

Si opera con una provetta graduata cilindrica (250 cm³, ø=6 cm, riempita con 100 cm³ di boiacca). La provetta deve essere tenuta in riposo al riparo dall'aria.

La misura si effettua tre ore dopo il mescolamento con lettura diretta oppure con pesatura prima e dopo lo svuotamento con pipetta dell'acqua trasudata.

4.13.7. Elementi di protezione

In relazione alla aggressività dell'ambiente e alla durata del tirante sono ammesse le seguenti due classi di protezione:

- classe 1, per tiranti provvisori in ambiente aggressivo e non aggressivo per un periodo di esercizio inferiore a ventiquattro mesi, con protezione che consisterà in una guaina di polietilene o di polipropilene che avvolge il tratto libero;
- classe 2, per tiranti permanenti in ambiente aggressivo e non aggressivo per un periodo di esercizio uguale o comunque superiore a ventiquattro mesi, con protezione di tutto il tirante che sarà costituita da una guaina in polietilene o in polipropilene; essa potrà essere flessibile o semirigida e liscia per il tratto libero; sarà invece grecata per il tratto di fondazione del tirante.

Lo spessore della guaina non dovrà essere inferiore a 1,5 mm e dovrà garantire contro lacerazioni in tutte le fasi di lavorazione e posa ed in presenza delle sollecitazioni meccaniche e chimiche previste in esercizio.

La sezione interna della guaina dovrà essere pari ad almeno quattro volte la sezione trasversale complessiva delle armature (trefoli o barre) contenute e dovrà comunque assicurare uno spessore di iniezione per il ricoprimento degli elementi più esterni dell'armatura di almeno 5 mm.

Per le guaine corrugate dovrà risultare una distanza tra due nervature successive > 5 mm ed una differenza tra i diametri interni, maggiore e minore, superiore a 8 mm.

Ciascun trefolo o barra dovrà essere ulteriormente protetto:

- da una guaina individuale in P.V.C., polietilene o polipropilene nella parte libera;
- da una eventuale verniciatura in resina epossidica elasticizzata nel tratto di fondazione.

Gli spazi residui tra guaina e pareti del perforo e tra armatura e guaina dovranno essere riempiti con miscela cementizia.

4.13.8. Elementi di protezione in tubi di acciaio

La protezione dei tiranti permanenti consisterà in una guaina rigida in tubi di acciaio che riveste i trefoli di armatura su tutta la loro lunghezza; in ambiente aggressivo la guaina sarà rivestita con resina epossidica elasticizzata.

Le giunzioni tra i diversi spezzoni di tubo saranno ottenute mediante manicotti saldati o filettati; nel tratto di fondazione i tubi saranno dotati di valvole per l'iniezione, secondo le indicazioni di progetto e dovranno essere scovolati internamente dopo l'esecuzione dei fori di uscita della malta, allo scopo di asportare le sbavature lasciate dal trapano.

Le valvole saranno costituite da manicotti di gomma di spessore minio 3,5 mm, aderenti al tubo e mantenuti in posto mediante anelli di filo di acciaio (diametro 4 mm) saldati al tubo in corrispondenza dei bordi del manicotto.

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

Il tubo guaina dovrà essere dotato di distanziatori non metallici, posizionati di preferenza in corrispondenza dei manicotti di giunzione, per assicurare la centratura all'interno del perforo.

La sezione interna del tubo guaina dovrà essere tale da consentire l'alloggiamento dei trefoli provvisti di distanziatori, in conformità a quanto previsto dalle presenti Norme.

4.13.9. 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 ad 1,5 e comunque avere una pressione di rottura non inferiore a 10 bar;
- avere diametro interno minimo orientativamente pari a 10 mm nel caso in cui non siano presenti aggregati, pari a 16 mm in caso contrario; ciò al fine di consentire il passaggio della miscela d'iniezione.

4.13.10. 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.

4.13.11. 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 perforo potrà essere eseguito a qualsiasi altezza e l'Impresa dovrà provvedere ad eseguire idonei ponteggi ed impalcature.

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 o di rocce marnose tenere, la fase finale del lavaggio sarà eseguita con sola aria.

Quando sia previsto dal progetto e sia compatibile con la natura dei terreni, si potranno eseguire, mediante l'impiego di appositi utensili allargatori, delle scampanature di diametro noto, regolarmente intervallate lungo la fondazione del tirante.

In base alle indicazioni emerse nel corso della esecuzione dei tiranti preliminari di prova e comunque in presenza di falde artesiane e di terreni particolarmente permeabili, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese, a preventive iniezioni di intasamento all'interno del foro con miscele e modalità approvate dalla Direzione Lavori.

4.13.12. Assemblaggio e posa delle armature

Per l'impiego di armature a trefoli (di norma in acciaio controllato in stabilimento con fili aventi $fp(1)k \geq 1570$ MPa e $fptk \geq 1765$ MPa) gli elementi costitutivi dell'ancoraggio dovranno essere preferibilmente confezionati in stabilimento e pervenire in cantiere già arrotolati e inguainati, salvo eventualmente il dispositivo di bloccaggio che potrà essere montato in cantiere.

Ove, per particolari motivi, fosse necessario effettuare l'assemblaggio degli elementi costitutivi degli ancoraggi in cantiere, dovrà essere predisposta a cura e spese dell'Impresa, ed in prossimità del luogo di impiego, una adeguata attrezzatura per confezionare correttamente gli ancoraggi stessi.

In tal caso i componenti ed in particolare l'acciaio, dovranno essere immagazzinati convenientemente, possibilmente al coperto, in modo che non subiscano danneggiamenti durante la giacenza.

Dovrà essere inoltre accuratamente evitato il contatto con il terreno o altri materiali che possono danneggiare l'ancoraggio.

Pertanto la confezione degli ancoraggi dovrà avvenire sempre su apposito banco e non a terra.

La confezione degli ancoraggi dovrà essere affidata a personale esperto e consisterà nelle seguenti fasi principali:

- taglio dei trefoli a misura;
- interposizione dei distanziatori interni ai trefoli;
- montaggio dei condotti di iniezione;
- infilaggio delle guaine su tutta la lunghezza dell'ancoraggio o sulla parte libera dello stesso;
- esecuzione del tampone di separazione tra la fondazione e la parte libera dell'ancoraggio;
- montaggio degli eventuali distanziatori, necessari al centraggio dell'ancoraggio nel foro di alloggiamento;
- eventuale montaggio del dispositivo di bloccaggio nei casi in cui questa operazione sia prevista prima dell'infilaggio dell'ancoraggio nel foro;
- accurata sigillatura di tutte le giunzioni per evitare le perdite di impermeabilità della guaina.

Per l'impiego di ancoraggi con armature a barre o tubolari, nei quali l'assemblaggio è fatto in opera, le operazioni di assemblaggio dovranno essere eseguite da personale esperto ed essere effettuate via via che la barra viene infilata nel foro avendo cura che il collegamento dei vari tronchi, mediante manicotti di giunzione, avvenga secondo le modalità previste dal costruttore e che parallelamente le sigillature della eventuale guaina siano

accuratamente eseguite.

La posa in opera delle armature dovrà avvenire secondo modalità approvate dalla Direzione Lavori che ne assicurino il corretto posizionamento e l'efficacia della connessione al terreno.

4.13.13. Connessione al terreno

Il riempimento dell'intercapedine tra tubo guaina in acciaio ed il foro con la miscela, dovrà essere eseguito entro e non oltre le 12 h dall'ultimazione delle operazioni di perforazione; le fasi di iniezioni saranno effettuate in accordo a quanto previsto successivamente.

4.13.14. Iniezione semplice

Si eseguirà il riempimento con la miscela precedentemente descritta, sia dell'intercapedine tra la guaina ed il foro, che di tutto lo spazio tra l'eventuale guaina corrugata e l'armatura lungo la fondazione del tirante; tale spazio dovrà essere collegato alla bocca del foro da un tubetto di sfiato che consenta la fuoriuscita di tutta l'aria contenuta e l'iniezione dovrà essere proseguita fino alla fuoriuscita della miscela dal tubetto di sfiato.

L'iniezione semplice è adatta: in terreni di granulometria grossolana (ghiaie, ciottoli) nei quali una porzione rilevante della malta iniettata va a compenetrare il terreno intorno al foro; in rocce lapidee ed in terreni coesivi mediamente compatti, congiuntamente alla tecnica di perforazione con allargatori.

Il riempimento dell'intercapedine tra perforazione e guaina della parte libera sarà assicurato immettendo la miscela nel punto più profondo del foro tramite gli appositi condotti ed osservando che essa risalga fino a boccaforo e vi permanga finché interviene la presa: ove occorra si provvederà a riprese dell'iniezione o a rabbocchi per ottenere che la condizione sia rispettata.

4.13.15. Iniezione ripetuta in pressione

È adatta in terreni di qualunque natura, caratterizzati da un modulo di deformazione a breve termine sensibilmente inferiore a 500 MPa. L'iniezione di quantità controllate della miscela cementizia in più fasi successive, fino ad ottenere pressioni di iniezione residue di 0,8-1,5 MPa, dovrà avere lo scopo di ottenere una serie di sbulbature lungo la fondazione del tirante e ad instaurare nel terreno circostante un campo tensionale di compressione, favorevole alla mobilitazione di elevate resistenze al taglio per attrito.

L'iniezione in pressione avverrà tramite un tubo a perdere dotato di valvole di non ritorno a manicotto, regolarmente intervallate a 75 cm di interasse lungo il tratto di fondazione del tirante.

Il tubo potrà essere disposto:

- coassialmente all'armatura ed avere diametro adeguato nel caso di tiranti senza guaina lungo la fondazione;
- esterno all'armatura, in acciaio, posto in opera preventivamente alla posa dell'armatura;
- coassiale all'armatura, ma interno alla guaina grecata di protezione e dotato di valvole che sboccano all'esterno di essa per la formazione delle sbulbature nel terreno; altre valvole, interne alla guaina, servono per il riempimento dell'intercapedine guaina/armatura.

Le fasi dell'iniezione saranno le seguenti:

I) riempimento della cavità a ridosso delle pareti della perforazione, ottenuta alimentando la miscela dalla valvola più profonda in modo da ottenere la risalita fino alla bocca del foro; al termine si effettuerà un lavaggio con acqua all'interno del tubo a valvole.

II) Avvenuta la presa della malta precedentemente posta in opera, si inietteranno valvola per valvola volumi di miscela non eccedenti le seguenti quantità:

diametro foro (mm)	da 90 a 120	da 121 a 170	da 171 a 220
Vmax (l/valvola)	45,00	65,00	90,00

Tali iniezioni dovranno essere effettuate senza superare la pressione corrispondente alla fratturazione idraulica del terreno (claquage).

Al termine si effettuerà un lavaggio con acqua all'interno del tubo.

III) Avvenuta la presa della malta precedentemente iniettata, si ripeterà l'iniezione in pressione, osservando gli stessi limiti di volume, limitatamente alle valvole per le quali, nella fase II):

- il volume non abbia raggiunto i limiti sopra indicati a causa della incipiente fratturazione idraulica del terreno;
- le pressioni residue di iniezione misurate a bocca foro al raggiungimento del limite volumetrico non superino 0,7 MPa.

IV) L'iniezione può essere ripetuta ulteriormente, sempre senza superare i limiti di volume anzidetti e dopo la presa delle iniezioni delle fasi precedenti, qualora ciò risultasse necessario per il raggiungimento della desiderata capacità portante del tirante.

Al termine delle operazioni di connessione al terreno del tirante si procederà alla posa in opera del dispositivo di bloccaggio il quale dovrà essere in perfette condizioni e privo di ruggine e di incrostazioni di qualsiasi natura.

4.13.16. 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 No = 0,10 Nes e misurando la corrispondente posizione delle armature rispetto alle piastre di testata.

Successivamente si porterà gradualmente e senza interruzioni la forza applicata da No a Nc e si misurerà il corrispondente allungamento (□l).

Si manterrà il valore per un periodo di tempo (□T) almeno pari a:

- 5' per tiranti in roccia o in terreni non coesivi;
- 15' per tiranti con fondazione in terreni coesivi compatti (coesione non drenata > 0,2 MPa).
- 30' per tiranti con fondazione in terreni coesivi non compatti (coesione non drenata ≤ 0,2 MPa).

Al termine del periodo (□T) si misurerà nuovamente l'allungamento (□J).

Si scaricherà quindi il tirante fino al valore No, misurando l'allungamento permanente (□K) rispetto alla prima applicazione di No.

Per l'accettazione del singolo tirante dovranno risultare verificate le seguenti condizioni:

I) □J - □l ≤ 2%•DT, dove "DT" è l'allungamento teorico dell'ancoraggio dato dalla relazione DT = Nc•Lt/Es•As; in cui: "Lt" è la lunghezza teorica della parte libera del tirante; "As" è l'area della sezione trasversale della armatura ed "Es" è il modulo di elasticità dell'acciaio;

II) □K < 1,3 volte l'allungamento permanente verificatosi nel corso delle prove eseguite sugli ancoraggi preliminari di prova.

Se la condizione I) non risultasse soddisfatta si prolungherà la sosta all'apice del descritto ciclo di carico e scarico per un tempo di attesa pari a 3 volte □T. In tal caso l'ulteriore allungamento a carico costante dovrà essere ≤ 1%•DT.

I tiranti che non soddisferanno i predetti 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 apparecchiature impiegate dovranno consentire le seguenti precisioni di misurazione:

- per gli allungamenti di 0,1 mm;
- per le forze, del 2% della trazione massima di esercizio (Nes).

Esse dovranno essere tarate presso un laboratorio Ufficiale; è facoltà della Direzione Lavori richiedere a cura e spese 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.

4.13.17. Protezioni anticorrosive in opera

La protezione anticorrosiva del tratto libero del tirante sarà completata iniettando all'interno della guaina la miscela, dopo il completamento delle operazioni di tesatura del tirante.

L'iniezione nel tratto libero della miscela cementizia prima della tesatura o di fasi eventuali di ritesatura, potrà avvenire solo per armature costituite da trefoli a sezione compatta, ingrassati e protetti da guaine individuali in P.V.C., in modo che sia assicurato lo scorrimento tra guaina e trefolo con minime resistenze.

La protezione della testa del tirante potrà essere ottenuta, nei casi in cui è prescritta la protezione di classe 1, con un getto della miscela indicata previa aggiunta di additivi antiritiro, mentre nel caso si debba realizzare una protezione di classe 2, si provvederà all'incapsulamento della testa mediante involucri protettivi di polietilene o polipropilene di spessore minimo pari a 2 mm che verranno connessi per saldatura alla guaina che avvolge il tratto libero; successivamente, con un getto di miscela cementizia, armata con rete, si proteggerà ulteriormente la testa dagli urti e dalle abrasioni.

Per un periodo non inferiore a centottanta giorni decorrente dalla data della ultimazione delle operazioni di tesatura di collaudo, le teste di tutti i tiranti dovranno essere lasciate accessibili per le operazioni di controllo e ritesatura da eseguire rispettivamente a novanta e centottanta giorni dalla data della tesatura di collaudo, nelle quantità che saranno prescritte dalla Direzione Lavori e comunque non inferiore al 20% dei tiranti.

4.13.18. Documentazione dei lavori

Per ogni tirante, sia preliminare di prova che di progetto, dovrà essere compilata dall'Impresa, in contraddittorio con la Direzione Lavori, una scheda recante le seguenti indicazioni:

- diametro, lunghezza e sistema di perforazione;
- eventuali iniezioni preliminari di intasamento;
- tipo e dimensioni delle armature metalliche;
- lunghezza del tratto attivo;
- quantità di malta iniettata e sua composizione;
- risultati delle prove di collaudo (forze applicate e allungamenti corrispondenti misurate come descritto al relativo paragrafo);
- date di perforazione, iniezione e tesatura di collaudo.

Tale scheda dovrà essere riportata su apposito modello e tempestivamente trasmesso dall'Impresa alla Direzione Lavori.

4.13.19. Celle di carico di tipo elettrico

Per il controllo nel tempo della forza di tesatura dei tiranti di ancoraggio, è richiesta la fornitura e posa in opera di un certo numero di celle di carico di tipo elettrico da ubicare dove previsto in progetto o, comunque, ove indicato dalla Direzione Lavori.

4.13.20. Caratteristiche delle celle

Le celle di carico, previste per l'installazione su singolo trefolo (celle di carico toroidali monotrefolo), dovranno essere conformi alle seguenti caratteristiche tecniche:

· carico nominale (fondo scala = FS)	200 kN
· sovraccarico ammesso	≥150%FS
· classe di precisione	≤1.0%FS
· sensibilità	2 mV/VFS
· ripetibilità	≤0.05%FS
· sbilanciamento dello zero	±1%FS
· temperatura di utilizzo	da -20 °C a +50 °C
· grado di protezione	IP67

Le deformazioni, dovute agli sforzi di compressione, dovranno essere rilevate da almeno 4 estensimetri attivi collegati elettricamente secondo una configurazione a ponte di Wheasthone.

Ogni cella deve essere fornita con un certificato di collaudo che garantisca sulle sue caratteristiche elettromeccaniche. Le celle di carico dovranno presentare un foro centrale di dimensioni comprese tra 17 e 20 mm.

4.13.21. Piastrine di ripartizione

Ogni cella deve essere collocata tra due piastrine di ripartizione del carico, realizzate in acciaio temperato C40 oppure 38NCD4, di spessore ≥10 mm; le piastrine, le cui facce dovranno essere regolari e spianate al tornio, avranno un diametro esterno non inferiore a quello della cella e tale da poter essere inserite nelle sedi di alloggiamento delle bussole, previste nelle piastre di ancoraggio dei tiranti.

Le due piastrine di ripartizione presenteranno un foro centrale dello stesso diametro di quello della cella di carico.

4.13.22. Posa in opera

Lo superficie di contatto del calcestruzzo con lo piastra di ancoraggio del tirante deve essere regolarizzata, se necessario, con malta ad alta resistenza per garantire un perfetto appoggio e l'assoluta perpendicolarità tra asse del tirante e piano della piastra.

Va posizionata quindi la piastra di ancoraggio centrata rispetto all'asse di sollecitazione, avendo cura di mantenerla in questa posizione durante tutta l'operazione; su di essa vengono sistemati, inserendoli nel seguente ordine in uno dei trefoli del tirante:

- la piastrina di base, che dovrà alloggiare nella sede della bussola presente nella piastra di ancoraggio del tirante;
- la cella di carico toroidale;

- la piastrina di testa;
- gli apparecchi di ancoraggio del trefolo (bussola e cunei).

La cella di carico così posizionata sarà annegata nel getto di protezione della testata del tirante.

Ogni cella di carico sarà collegata tramite cavo ad una presa da pannello provvista di coperchietto stagno.

Tutte le prese saranno contenute all'interno di un armadietto a tenuta stagna provvisto di serratura dal quale si potranno eseguire le letture tramite una centralina.

4.13.23. Centralina portatile di lettura

Ogni serie di celle di carico prevista in progetto deve essere corredata dalla fornitura di una centralina di lettura digitale con lettura diretta in tonnellate oppure in kN.

La centralina deve essere portatile a batteria, dotata di un tratto di cavo provvisto di terminali per l'inserimento nei connettori presenti negli armadietti stagni.

Sarà dotata inoltre di display a cristalli liquidi di comoda lettura. Sul display devono comparire almeno quattro cifre oltre al segno.

4.14. CONGLOMERATI CEMENTIZI SEMPLICI E ARMATI (NORMALI E PRECOMPRESSI)

Per la realizzazione delle opere in oggetto è previsto l'impiego dei materiali aventi le seguenti caratteristiche:

4.14.1. Calcestruzzi

Classe resistenza =	C12/15	getti cls magro
Classe resistenza =	C25/30	per fondazioni, pali e diaframmi
Classe resistenza =	C28/35	opere in elevazione
Classe resistenza =	C32/40	solette impalcati
Classe resistenza =	C45/55	per c.a.p. impalcato

Dovranno essere inoltre rispettati i seguenti valori minimi di copriferro:

- copriferro minimo per diaframmi e pali = 6 cm
- copriferro minimo per fondazioni, cordoli ed elevazioni = 4 cm
- copriferro minimo per solette impalcato e travi in c.a.p. = 3 cm

4.14.2. Note sulle caratteristiche dei materiali

. Classi di esposizione secondo EN206

Le classi di esposizione ambientale sono sei, identificate dalle sigle XO, XC, XD, XS, XF ed XA, per diversi tipi di aggressione. Per ciascuna classe, ad eccezione della XO, esistono più sottoclassi, identificate da un numero crescente man mano che il livello di aggressione aumenta.

CLASSI DI ESPOSIZIONE SECONDO LA UNI EN 206-1

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	TIPO DI STRUTTURA	NUMERO DI SOTTOCLASSI
XO	Nessun rischio di corrosione (interni di edifici con U.R. molto bassa)	Non armata e armata	1
XC	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione	Armata	4
XD	Corrosione delle armature indotta dai cloruri esclusi quelli presenti in acqua di mare	Armata	3
XS	Corrosione delle armature indotta dai cloruri presenti nell'acqua di	Armata	3

	mare		
XF	Attacco dei cicli di gelo-disgelo in presenza o no di sali disgelanti	Non armata e armata	4
XA	Attacco chimico del calcestruzzo	Non armata e armata	3

Le classi evidentemente sono collegate ai particolari fenomeni che possono portare ad un degrado prematuro, che possono essere così riassunti:

- corrosione delle armature indotta da carbonatazione del calcestruzzo
- corrosione delle armature indotta da attacco da cloruri
- attacco da cicli di gelo – disgelo,
- attacco chimico.

Condizioni ambientali codificate

Dalla combinazione dei fattori ambientali sopra descritti con l'umidità, vettore essenziale delle sostanze aggressive, derivano le classi di esposizione già sintetizzate nella tabella precedente ed esplose in dettaglio nel seguito.

Le UNI EN206-1 sottolineano che le condizioni ambientali cui la tabella si riferisce sono quelle che si verificano nel copriferro, ma in molti casi esse riflettono le condizioni dell'ambiente circostante, per cui di fatto, in queste circostanze la descrizione si può riferire direttamente a quest'ultimo.

CLASSI D'ESPOSIZIONE AMBIENTALE DEL CALCESTRUZZO SECONDO LA EN 206

Classe	Ambiente d'esposizione	Esempi di condizioni ambientali
1 – Assenza di rischio di corrosione delle armature o d'attacco al calcestruzzo		
X0	Molto secco (cls armato)	Interni di edifici con umidità relativa molto bassa
	Vari (cls non armato)	Tutti eccetto gelo o attacco chimico o abrasione
2 – Corrosione delle armature indotta da carbonatazione del calcestruzzo		
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Interni di edifici con umidità relativa bassa, o calcestruzzo costantemente immerso
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo, molte fondazioni
XC3	Umidità moderata	Interni di edifici con umidità da moderata ad alta Calcestruzzo all'esterno protetto dalla pioggia
XC4	Ciclicamente bagnato e asciutto	Superfici a contatto diretto con acqua non comprese nella classe XC2
3 – Corrosione indotta dai cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare		
XD1	Umidità moderata	Superfici esposte a nebbia salina
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Piscine - Calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri
XD3	Ciclicamente bagnato e asciutto	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri; pavimentazioni, pavimentazioni di parcheggi

4 – Corrosione indotta dai cloruri presenti nell'acqua di mare		
XS1	Esposto al nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture prossime o sulla costa
XS2	Sommerse	Parti di strutture marine
XS3	Zone esposte alle onde oppure alle maree	Parti di strutture marine
5 – Attacco da cicli di gelo/disgelo		
XF1	Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agenti antigelo	Superfici verticali esposte alla pioggia e al gelo
XF2	Moderata saturazione d'acqua, con impiego di agenti antigelo	Superfici verticali di strutture stradali esposte al gelo e nebbia di agenti antigelo
XF3	Elevata saturazione d'acqua, senza impiego di agenti antigelo	Superfici orizzontali esposte alla pioggia e al gelo
XF4	Elevata saturazione d'acqua, con impiego di agenti antigelo	Strade e impalcati da ponte esposti agli agenti antigelo- Superfici esposte direttamente a nebbia contenente agenti antigelo e al gelo
6 – Attacco chimico		
XA1	Debolmente aggressivo	Vedi tabella seguente
XA2	Moderatamente aggressivo	Vedi tabella seguente
XA3	Fortemente aggressivo	Vedi tabella seguente

CLASSI DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE - ATTACCO CHIMICO (LINEE GUIDA MIN. LL.PP.)

	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
CO2 aggressiva, mg/l	15 - 30	30 - 60	60 -100
ioni ammonio NH4+, mg/l	15 - 30	30 -60	60 - 100
ioni magnesio Mg2+, mg/l	100 -300	300 - 1500	1500- 3000
ioni solfato SO4, mg/l	200 - 600	600-3000	3000 - 6000
Agente aggressivo nel terreno			
ioni solfato SO4, mg/kg di terreno seccato all'aria	2000 - 6000	6000 - 12000	> 12000

4.14.2.1 Ponti e viadotti.

Si tratta evidentemente di opere in ambiente esterno. Le pile e le opere di elevazione, esposte direttamente agli agenti atmosferici ricadono nella classe **XF1**, mentre per le fondazioni si può fare riferimento alla classe **XC2**.

Le travi sono esposte direttamente alla pioggia, quindi ricadono nella classe **XF2.**

Per quanto riguarda le solette degli impalcati, tenuto conto del clima della zona, in cui si fa normalmente uso di agenti disgelanti, le classi di esposizione possono essere identificate come **XF4**.

4.14.2.2 Gallerie e trincee confinate da muri

Si può fare generalmente riferimento alla classe **XC2**.

Tenuto conto del clima della zona, in cui si fa normalmente uso di agenti disgelanti, le classi di esposizione possono essere identificate come **XF4** relativamente ai rivestimenti in conglomerato cementizio delle pareti verticali delle opere di sostegno esposte al passaggio dei veicoli.

4.14.3. Cemento

I cementi potranno essere normali, ad alta resistenza, ad alta resistenza e rapido indurimento.

Nella confezione dei conglomerati sono ammessi:

- cemento tipo III;
- cemento tipo IV;
- sono ammessi inoltre i cementi di tipo I, II e V con tenore di alluminato tricalcico (C_3Al) < 5% che la cementeria, dovrà garantire specificando il metodo di misura, a condizione che il rapporto acqua cemento sia inferiore dello 0,05 rispetto a quello prescritto per i cementi di tipo III e IV e che la resistenza effettiva del conglomerato risulti superiore di almeno 5 MPa rispetto a quella richiesta per conglomerati confezionati con cementi di tipo III e IV. I maggiori oneri per la sostituzione del cemento sono a carico dell'Impresa.

L'utilizzo dei cementi di tipo I, II e V non è, in qualsiasi caso, consentito per la realizzazione di conglomerati cementizi di tipo I e di tutti i manufatti prefabbricati.

L'Impresa dovrà approvvigionare il cemento presso cementerie che diano garanzie di bontà, costanza del tipo, continuità di fornitura.

La qualità del cemento dovrà essere garantita e controllata dall'istituto ICITE CNR e dal relativo marchio.

A cura ed a spese dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, dovranno essere verificate presso un Laboratorio Ufficiale le resistenze meccaniche ed i requisiti chimici e fisici del cemento secondo le Norme di cui alla Legge 26/5/1965 n. 595 D.M. 3/6/1968 e D.M. 13/9/1993 (per cementi sfusi prelievo di un campione ogni 300 t o frazione).

Ad ogni carico di cemento giunto in cantiere, l'Impresa dovrà consegnare alla Direzione Lavori, copia fotostatica del Documento di Trasporto ed il certificato d'origine prodotto dalla cementeria, attestante la conformità alle vigenti norme sulle caratteristiche del legante. Copia di tutti i certificati di prova sarà custodita dalla Direzione Lavori e dall'Impresa.

È facoltà della Direzione Lavori richiedere la ripetizione delle prove su una stessa partita qualora sorgesse il dubbio di un degradamento delle caratteristiche del cemento, dovuto ad una causa qualsiasi.

È vietato l'uso di cementi diversi per l'esecuzione di ogni singola opera o elemento costruttivo; ciascun silo del cantiere o della centrale di betonaggio sarà destinato a contenere cemento di un unico tipo, unica classe ed unica provenienza, ed a tale scopo chiaramente identificato.

È ammesso l'impiego di cementi speciali rispondenti ai requisiti suddetti ed alle prescrizioni delle presenti Norme, atti al confezionamento di conglomerati cementizi fluidi e superfluidi a basso rapporto a/c senza additivazione in fase di betonaggio.

Le UNI EN 206-1 riassumono le caratteristiche consigliate delle proprietà del calcestruzzo ai fini della durabilità nell'allegato F (solo informativo). Tali caratteristiche si riferiscono ad un calcestruzzo confezionato con cemento di tipo CEM I secondo EN 197-1 (cemento Portland, classe di resistenza 32.5), e con aggregato avente dimensione nominale massima compresa fra 20 e 32 mm. I valori, inoltre, si riferiscono ad una vita utile di 50 anni.

La tabella seguente riassume i valori consigliati.

CARATTERISTICHE CONSIGLIATE DEI CALCESTRUZZI PER LA DURABILITÀ (UNI EN206-1, ALL. F)

		Rapporto a/c	Classe resistenza cubica minima (N/mm2)	Contenuto minimo di cemento (Kg/m3)	Contenuto minimo aria (%)	Altri requisiti
Nessun rischio	X0		15			
Corrosione da carbonatazione	XC1	0.65	25	260		
	XC2	0.60	30	280		

	XC3	0.55	37	280		
	XC4	0.50	37	300		
Corrosione da cloruri acqua marina	XS1	0.50	37	300		
	XS2	0.45	45	320		
	XS3	0.45	45	340		
Corrosione da altri cloruri	XD1	0.55	37	300		
	XD2	0.55	37	300		
	XD3	0.45	45	320		
Attacco gelo-disgelo	XF1	0.55	37	300		Aggregati secondo prEN12620 resistenti al gelo
	XF2	0.55	30	300	4	
	XF3	0.50	37	320	4	
	XF4	0.45	37	340	4	
Attacco chimico	XA1	0.55	37	300		
	XA2	0.50	37	320		Cemento resistente ai solfati
	XA3	0.45	45	360		

4.14.4. Aggregati

Per tutti i tipi di conglomerato cementizio dovranno essere impiegati esclusivamente gli aggregati della categoria A di cui alla Norma UNI 8520 parte 2ª aventi caratteristiche nei limiti di accettazione della Norma medesima, salvo particolari deroghe di carattere eccezionale che la Direzione Lavori, previa attenta valutazione delle locali condizioni di reperibilità degli aggregati, potrà concedere esclusivamente riguardo ai valori di perdita in massa per abrasione; in caso di deroga, la classe di resistenza progettualmente prevista, esclusivamente per i conglomerati cementizi di tipo I e II, dovrà essere aumentata di 5 MPa, all'Impresa nulla sarà dovuto per questo aumento di classe.

Dovranno essere costituiti da elementi non gelivi privi di parti friabili e polverulente o scistose, argilla e sostanze organiche; non dovranno contenere i minerali pericolosi: pirite, marcasite, pirrotina, quarzo ad estensione ondulata, gesso e solfati solubili (per questi ultimi si veda la tabella 15 A).

A cura ed a spese dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, dovrà essere accertata, mediante esame mineralogico (UNI 8520 parte 4) presso un Laboratorio Ufficiale, l'assenza dei minerali indesiderati suddetti e di forme di silice reattiva verso gli alcali del cemento (opale, calcedonio, tridimite, cristobalite, quarzo cristallino in stato di alterazione o tensione, selce, vetri vulcanici, ossidiane), per ciascuna delle cave di provenienza dei materiali.

Copia della relativa documentazione dovrà essere custodita dalla Direzione Lavori e dall'Impresa. Tale esame verrà ripetuto con la frequenza indicata nella tabella 15 A e comunque almeno una volta all'anno.

Ove fosse presente silice reattiva si procederà all'esecuzione delle prove della Norma UNI 8520 parte 22, punto 3, con la successione e l'interpretazione ivi descritte.

TABELLA 15 A - Caratteristiche degli Aggregati

CARATTERISTICHE	PROVE	NORME	TOLLERANZA DI ACCETTABILITÀ
Gelività degli aggregati	Gelività	CNR 80 e UNI 8520 PARTE 20	perdita di massa <4% dopo 20 cicli
Resistenza alla abrasione	Los Angeles	CNR 34 e UNI 8520 parte 19	perdita di massa L.A. 30%

Compattezza degli aggregati	Degradabilità alle soluzioni solfatiche	UNI 8520 parte 10	perdita di massa dopo 5 cicli $\leq$10%
Presenza di gesso e solfati solubili	Analisi chimica degli inerti	UNI 8520 parte 11	$SO_3 \leq 0,05\%$
Presenza di argille	Equivalente in sabbia	UNI 8520 parte 15	ES $\geq$ 80 VB $\leq$ 0,6 cm³/g di fini
Presenza di pirite, marcasite, pirrotina e quarzo ad estinzione ondulata	Analisi petrografica	UNI 8520 parte 4	assenti
Presenza di sostanze organiche	Determinazione colorimetrica	UNI 8520 parte 14	Per aggregato fine: colore della soluzione più chiaro dello standard di riferimento
Presenza di forme di silice reattiva	Potenziale reattività dell'aggregato: - metodo chimico; Potenziale attività delle miscele cemento aggregati: - metodo del prisma di malta	UNI 8520 parte 22	UNI 8520 parte 22 Punto 4 UNI 8520 parte 22 Punto 5
Presenza di cloruri solubili	Analisi chimica	UNI 8520 parte 12	Cl $\leq$ 0,05%
Coefficiente di forma e di appiattimento	Determinazione dei coefficienti di forma e di appiattimento	UNI 8520 parte 18	Cf$\geq$0,15 (Dmax=32 mm) Cf$\geq$0,12 (Dmax=64 mm)
Frequenza delle prove	La frequenza sarà definita dal progettista e/o prescritta dalla Direzione Lavori. Comunque dovranno essere eseguite prove: prima dell'autorizzazione all'impiego; per ogni cambiamento di cava o materiali nel corpo di cava; ogni 8.000 m³ di aggregati impiegati.		

Nella tabella 15 A sono riepilogate alcune delle principali prove cui devono essere sottoposti gli aggregati, con l'indicazione delle norme di riferimento, delle tolleranze di accettabilità e della frequenza.

Saranno rifiutati pietrischetti, pietrischi e graniglie aventi un coefficiente di forma, determinato secondo UNI 8520 parte 18, minore di 0,15 (per un D max fino a 32 mm) e minore di 0,12 (per un D max fino a 64 mm).

Controlli in tal senso sono richiesti con frequenza di una prova ogni 8000 m³ impiegati.

La curva granulometrica delle miscele di aggregato per conglomerato cementizio dovrà essere tale da ottenere il massimo peso specifico del conglomerato cementizio a parità di dosaggio di cemento e di lavorabilità dell'impasto e dovrà permettere di ottenere i requisiti voluti sia nell'impasto fresco (consistenza, omogeneità, lavorabilità, aria inglobata, ecc.) che nell'impasto indurito (resistenza, permeabilità, modulo elastico, ritiro, viscosità, durabilità, ecc.).

La curva granulometrica dovrà risultare costantemente compresa nel fuso granulometrico approvato dalla Direzione dei Lavori e dovrà essere verificata ogni 1000 m³ di aggregati impiegati.

Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla granulometria della sabbia al fine di ridurre al minimo il fenomeno dell'essudazione (bleeding) nel conglomerato cementizio.

All'impianto di betonaggio gli aggregati dovranno essere suddivisi in almeno 3 pezzature; la più fine non dovrà contenere più del 15% di materiale trattenuto al vaglio a maglia quadrata da 5 mm di lato.

Le singole pezzature non dovranno contenere sottoclassi in misura superiore al 15% e sovraclassi in misura superiore al 10% della pezzatura stessa.

La dimensione massima (Dmax) dell'aggregato deve essere tale da permettere che il conglomerato possa riempire ogni parte del manufatto; dovrà pertanto risultare:

- minore di 0,25 volte la dimensione minima delle strutture;

- minore della spaziatura minima tra le barre di armatura, diminuita di 5 mm;
- minore di 1,3 volte lo spessore del copriferro tranne che per interni di edifici (norma UNI 8981/5).

Per realizzare conglomerati cementizi per strati coibenti, colmature di solai di copertura, ecc., si dovrà utilizzare come aggregato, un metro cubo di argilla espansa per ogni 200 kg di cemento.

4.14.5. Acqua di impasto

Proverrà da fonti ben definite che diano acqua rispondente alle caratteristiche specificate all'art. 2.

Sono ammesse come acqua di impasto per i conglomerati cementizi l'acqua potabile e le acque naturali rispondenti ai requisiti di seguito riportati.

Sono escluse le acque provenienti da scarichi (industriali ecc.).

L'acqua di impasto dovrà avere un contenuto in sali disciolti inferiore a 1 g per litro.

In merito al contenuto di ione cloruro nell'acqua per i manufatti in cemento armato normale o precompresso, si dovrà tener conto dei limiti previsti dalla Norma UNI 8981 parte 5 per il contenuto totale di tale ione.

La quantità di materiale inorganico in sospensione dovrà essere inferiore a 2 g/l; la quantità di sostanze organiche (COD) inferiore a 0,1 g/l.

L'acqua dovrà essere aggiunta nella quantità prescritta in relazione al tipo di conglomerato cementizio, tenendo conto dell'acqua contenuta negli aggregati, (si faccia riferimento alla condizione "satura a superficie asciutta" della Norma UNI 8520 parte 5).

4.14.6. Additivi

L'Impresa dovrà impiegare additivi garantiti dai produttori per qualità e costanza di effetto e di concentrazione; le loro caratteristiche dovranno essere verificate preliminarmente in sede di qualifica di conglomerati cementizi.

Gli additivi dovranno rispondere alle Norme UNI 7101, 7102, 7103, 7104, 7105, 7106, 7107, 7108, 7109, 7120 e 8145.

Nel caso di uso contemporaneo di più additivi l'Impresa dovrà fornire alla Direzione Lavori la prova della loro compatibilità.

Ad ogni carico di additivo giunto in cantiere, l'Impresa dovrà consegnare alla Direzione lavori, copia fotostatica del documento di trasporto ed il certificato d'origine fornito dal produttore, che attesti la Conformità, a quanto preliminarmente approvato, circa le caratteristiche dell'additivo.

La quantità di additivo liquido che superi 3 l/m³ di calcestruzzo deve essere presa in conto nel calcolo del rapporto a/c.

Gli additivi dovranno essere aggiunti al conglomerato cementizio nel premiscelatore in soluzione con l'acqua d'impasto con un sistema meccanico che consenta di aggiungere l'additivo con una tolleranza sulla quantità prescritta non superiore al 5% ed inoltre che assicuri la sua uniforme distribuzione nella massa del conglomerato cementizio durante il periodo di miscelazione.

4.14.7. Additivi fluidificanti, superfluidificanti e iperfluidificanti

Allo scopo di realizzare conglomerati cementizi impermeabili e durevoli a basso rapporto a/c ed elevata lavorabilità (vedi tab. 15 C) si farà costantemente uso di additivi fluidificanti e superfluidificanti del tipo approvato dalla Direzione Lavori.

A seconda delle condizioni ambientali e dei tempi di trasporto e lavorazione, potranno essere impiegati anche additivi del tipo ad azione mista fluidificante-aerante, fluidificante-ritardante e fluidificante-accelerante.

Non dovranno essere impiegati additivi a base di cloruri o contenenti cloruri di calcio.

Il loro dosaggio dovrà essere definito in fase di qualifica dei conglomerati cementizi sulla base delle indicazioni del fornitore.

Per conglomerati cementizi che debbono avere particolari requisiti di resistenza e durabilità, se previsti in progetto, dovranno essere impiegati additivi iperfluidificanti a base acrilica (caratterizzati da una riduzione d'acqua di almeno il 30%).

4.14.8. Additivi aeranti

Per conglomerati cementizi soggetti durante l'esercizio a cicli di gelo-disgelo, si farà costantemente uso di additivi aeranti.

La percentuale di aria inglobata varierà secondo quanto riportato nella tabella 15 B in rapporto alla dimensione massima degli aggregati (Dmax) e sarà misurata sul conglomerato cementizio fresco prelevato all'atto della posa in opera secondo la relativa Norma UNI 6395.

L'Impresa dovrà adottare le opportune cautele affinché, per effetto dei procedimenti di posa in opera e compattazione attuati, non si abbia una riduzione del tenore d'aria effettivamente inglobata al di sotto dei limiti della tabella.

Gli aeranti dovranno essere conformi a quanto indicato nella norma ASTM C 260.

TABELLA 15 B - Dosaggio richiesto di aria inglobata

Dmax Aggregati (mm)	% aria occlusa *
10,0	7,0
12,5	6,5
20,0	6,0
25,0	5,0
40,0	4,5
50,0	4,0
75,0	3,5

(*) Tolleranza ±1%

Il contenuto d'aria inglobata nel conglomerato cementizio indurito potrà essere verificato con il procedimento descritto nello Standard ASTM C 457 o con procedimento similare.

In alternativa all'uso di additivi aeranti è consentito l'impiego di microsfere di plastica di diametro compreso tra 0,010 e 0,050 mm.

L'Impresa dovrà preventivamente fornire in proposito un'adeguata documentazione, basata sull'esecuzione di cicli gelo-disgelo secondo la Normativa UNI.

4.14.9. Additivi ritardanti e acceleranti

Gli additivi ritardanti riducono la velocità iniziale delle reazioni tra il legante e l'acqua aumentando il tempo necessario ai conglomerati cementizi per passare dallo stato plastico a quello rigido, senza influenzare lo sviluppo successivo delle resistenze meccaniche, dopo la maturazione a 28 d.

Gli additivi acceleranti aumentano la velocità delle reazioni tra il legante e l'acqua e conseguentemente lo sviluppo delle resistenze dei conglomerati cementizi senza pregiudicare la resistenza finale degli impasti.

I tipi ed i dosaggi impiegati dovranno essere preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

4.14.10. Additivi antigelo

Gli additivi antigelo, che dovranno essere esenti da cloruri, abbassano il punto di congelamento dell'acqua d'impasto ed accelerano alle basse temperature i processi di presa e indurimento dei conglomerati cementizi.

Dovranno essere impiegati soltanto su disposizione della Direzione Lavori, che dovrà approvarne preventivamente tipo e dosaggio.

4.14.11. Silice ad alta superficie specifica (Silicafume)

Potranno essere impiegati aggiunte minerali in polvere costituiti da silice amorfa ad elevatissima superficie specifica (silicafume), o da superfluidificanti posti su un supporto costituito dalla silice amorfa di cui sopra.

Ciò per ottenere conglomerati cementizi ad elevata lavorabilità, resistenza e durabilità, in particolare in presenza di gelo, disgelo e di sali disgelanti.

La quantità di silicafume aggiunta all'impasto, limitata all'intervallo 5-10% sul peso del cemento più aggiunte, dovrà essere definita in sede di qualifica preliminare d'intesa con il Progettista in relazione alle caratteristiche del calcestruzzo richieste in fase progettuale.

In via preliminare dovrà essere eseguita una verifica del campione mediante immersione di provini in soluzione al 30% di $CaCl_2$ a 278 K per venti giorni senza che sui provini stessi si manifesti formazione di fessure o scaglie.

Le caratteristiche tecniche previste secondo la Norma NFP 18-502 dovranno essere le seguenti:

Parametro	
SiO_2	>85%
CaO	<1,0%
	<0,5%

SO_3	<4,0%
$Na_2O + K_2O$	<0,9%
Cl	
Area specifica B.E.T.	20-35 m²/g
Massa volumica assoluta	2,1-2,3 kg/l

Al fine di ottenere una corretta progettazione del mix design del conglomerato cementizio, ove è previsto l'impiego della silicafume, il rapporto tra la stessa ed il cemento sarà di 1/1, per la distribuzione delle parti fini e la definizione del rapporto a/c (per l'ottenimento delle resistenze inferiori a 7 d l'apporto della silice non dovrà essere presa in considerazione).

4.14.12. Tipi e classi dei conglomerati cementizi

Ai fini delle presenti Norme Tecniche di Appalto, vengono presi in considerazione tipi e classi di conglomerato cementizio:

- i "tipi" sono definiti nella tabella 15 C, nella quale sono indicate alcune caratteristiche dei conglomerati cementizi e sono esemplificati i relativi campi di impiego;
- le "classi" indicano la resistenza caratteristica cubica del conglomerato cementizio a ventotto giorni di maturazione, espressa in MPa.

TABELLA 15 C - Tipi di impiego e classi dei conglomerati cementizi (Norme UNI 9858 e ENV 206)

TIPO DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO	IMPIEGO DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI	CEMENTI AMMESSI a) *	MASSIMO RAPPORTO A/C AMMESSO	CONSISTENZA UNI 9418 abbassamento al cono	ACQUA ESSUDATA UNI 7122	CLASSI f_{ck} R_{ck} **** Classi di resist. minime *****
I	- Impalcati in c.a. e c.a.p., pile e spalle di ponti, viadotti, cavalcavia, sottovia, ponticelli di luce superiore a 8,00 m, new jersey; - Barriere e parapetti in cemento armato	CEM III CEM IV	0,45	S4 · 16÷20 cm ***	≤ 0,1%	≥ 32/40 MPa
II	- Muri di sottoscarpa e controripa in c.a., ponticelli di luce fino a 8,00 m - Tombini scatolari; - Fondazioni armate (plinti, pali, diaframmi, ecc.); - Conglomerati cementizi per cunette, cordoli, pavimentazioni; - Rivestimenti ed archi rovesci di gallerie	CEM III CEM IV CEM I II e V **	0,50	S4 16÷20 cm ***	≤ 0,1%	≥ 25/30 MPa

III	- Muri si sottoscarpa e controripa in conglomerato cementizio anche se debolmente armato (fino ad un max di 30 kg di acciaio per metro cubo); - Fondazioni non armate (pozzi, sottoplinti, ecc.); - Rivestimenti di tubazione (tombini tubolari, ecc.) e riempimenti; - Prismi per difese spondali	CEM III CEM IV I II e CEM V **	0,55	S4 16÷20 cm ***	≤ 0,2%	≥ 20/25 MPa

a) - Per le barriere in conglomerato cementizio tipo New Jersey, si farà esclusivamente uso di cemento tipo III 42,5 o 42,5R

* - In presenza di concentrazioni di solfati e CO_2 aggressiva, valgono le prescrizioni del successivo punto 4.14.16

** - Ammesso alle condizioni di cui al precedente punto 4.14.3

*** - Tranne che per particolari manufatti quali pareti sottili a vibrazione programmata, barriere New Jersey o simili che richiedano abbassamenti al cono minori; e/o diverse prescrizioni progettuali.

**** - Il simbolo f_{ck} si riferisce a provini cilindrici mentre il simbolo R_{ck} si riferisce a quelli cubici

***** - Salvo diverse esigenze e/o prescrizioni progettuali.

4.14.13. Qualifica preliminare dei conglomerati cementizi

L'Impresa è tenuta all'osservanza della Legge 5/11/1971 n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" nonché delle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della predetta legge (D.M. in vigore).

L'Impresa, sulla scorta delle prescrizioni contenute nei progetti esecutivi delle opere in conglomerato cementizio semplice e armato (normale e precompresso), relativamente a caratteristiche e prestazioni dei conglomerati cementizi stessi, avuto particolare riferimento a:

- classe di esposizione in funzione delle condizioni ambientali (UNI 9858/91);
- resistenza caratteristica a compressione f_{ch} o R_{ck};
- durabilità delle opere (UNI 8981);
- lavorabilità (abbassamento al cono di ABRAMS UNI 9418/89);
- diametro massimo dell'aggregato (UNI 8520);
- tipi di cemento e dosaggi minimi ammessi;
- eventuali tipi di additivi e di aggiunte minerali e relativi dosaggi ottimali da utilizzarsi;
- resistenza a trazione per flessione secondo UNI 6133/83;
- resistenza a compressione sui monconi dei provini rotti per flessione (UNI 6134);
- resistenza a trazione indiretta (UNI 6135);
- modulo elastico secante a compressione (UNI 6556);
- contenuto d'aria del conglomerato cementizio fresco (UNI 6395);
- ritiro idraulico (UNI 6555);
- resistenza ai cicli di gelo-disgelo (UNI 7087);
- impermeabilità (ISO DIS 7032) (DIN 1048);
- accorgimenti da adottare in caso di lavorazioni da eseguirsi in presenza di temperature rigide (al di sotto di 278 K);
- in caso di maturazione accelerata a vapore: descrizione del ciclo termico e descrizione dell'impianto che l'Impresa intenderà utilizzare.

L'Impresa dovrà qualificare i materiali e gli impasti in tempo utile prima dell'inizio dei lavori, sottoponendo all'esame della Direzione Lavori:

a) i campioni dei materiali che intende impiegare, indicando provenienza, tipo e qualità dei medesimi;

b) la caratterizzazione granulometrica degli aggregati;

c) il tipo e il dosaggio del cemento, il rapporto acqua/cemento, lo studio della composizione granulometrica degli aggregati, il tipo e il dosaggio degli additivi che intende usare, il contenuto di aria inglobata, il valore previsto della consistenza misurata con il cono di Abrams, per ogni tipo e classe di conglomerato cementizio;

d) la caratteristica dell'impianto di confezionamento ed i sistemi di trasporto, di getto e di maturazione;

e) i risultati delle prove preliminari di resistenza meccanica sui cubetti di conglomerato cementizio da eseguire con le modalità più avanti descritte;

f) lo studio dei conglomerati cementizi ai fini della durabilità, eseguito secondo quanto precisato successivamente;

g) i progetti delle opere provvisorie e provvisionali (centine, armature di sostegno e attrezzature di costruzione).

La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei getti di conglomerato cementizio solo dopo aver esaminato ed approvato la documentazione per la qualifica dei materiali e degli impasti di conglomerato cementizio e dopo aver effettuato, in contraddittorio con l'Impresa, impasti di prova del calcestruzzo per la verifica dei requisiti di cui alla tabella 15 C.

Dette prove saranno eseguite sui campioni confezionati in conformità a quanto proposto dall'Impresa ai punti a), b), c) e f).

I laboratori, il numero dei campioni e le modalità di prova saranno quelli indicati dalla Direzione Lavori; tutti gli oneri relativi saranno a carico dell'Impresa.

Caratteristiche dei materiali e composizione degli impasti, definite in sede di qualifica, non possono essere modificati in corso d'opera salvo autorizzazione scritta della Direzione Lavori.

Qualora si prevedesse una variazione dei materiali, la procedura di qualifica dovrà essere ripetuta.

Qualora l'Impresa impieghi conglomerato cementizio preconfezionato pronto all'uso, per il quale si richiama la Norma UNI 9858/91, le prescrizioni sulla qualificazione dei materiali, la composizione degli impasti e le modalità di prova, dovranno essere comunque rispettate.

Si puntualizza che per la realizzazione delle opere in conglomerato cementizio dovrà essere impiegato esclusivamente "conglomerato cementizio a

prestazione garantita" secondo la Norma UNI 9858/91.

In nessun caso verrà ammesso l'impiego di "conglomerato cementizio a composizione richiesta" secondo la stessa Norma; tutto ciò dicasi anche per il calcestruzzo non strutturale utilizzato per spianamenti, sottofondazioni, riempimenti, ecc., che dovrà essere confezionato con materiali idonei ed avere classe di resistenza $\geq$ di 12/15 MPa.

4.14.14. Controlli in corso d'opera

La Direzione Lavori eseguirà controlli 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.

4.14.15. Resistenza dei conglomerati cementizi

Per ciascuna determinazione in corso d'opera delle resistenze caratteristiche a compressione dei conglomerati cementizi, dovranno essere eseguite due serie di prelievi da effettuarsi in conformità alle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 1086 del 5/11/1971 (D.M. del in vigore).

I prelievi, eseguiti in contraddittorio con l'Impresa, verranno effettuati separatamente per ogni opera, per ogni singola parte di essa e per ogni tipo e classe di conglomerato cementizio previsti negli elaborati progettuali.

Per ogni prelievo eseguito dovranno essere confezionati minimo 4 provini, per le strutture in c.a. e minimo 6 provini per le strutture in c.a.p..

Di tali operazioni, eseguite a cura e spese dell'Impresa e sotto il controllo della Direzione Lavori, secondo le Norme UNI vigenti, verranno redatti appositi verbali numerati progressivamente e controfirmati dalle parti.

I provini, contraddistinti col numero progressivo del relativo verbale di prelievo, verranno custoditi a cura e spese dell'Impresa in locali ritenuti idonei dalla Direzione Lavori, previa apposizione di sigilli e firma del Direttore dei Lavori, o del Responsabile Controllo Qualità Materiali da lui incaricato e dell'Impresa, nei modi più adatti a garantire la autenticità e la corretta stagionatura (UNI 6127).

Con i provini della prima serie (coppia) di prelievi, verranno effettuate presso i Laboratori della Direzione Lavori, alla presenza dell'Impresa, le prove atte a determinare le resistenze caratteristiche alle differenti epoche di stagionatura di seguito elencate:

- 7 d per i cementi armati;

- 3 d e 7 d per i cementi armati precompressi.

Potranno inoltre essere confezionati e sottoposte a prova ulteriori quantità di provini secondo le disposizioni che al riguardo saranno impartite dalla Direzione Lavori. I risultati delle prove di rottura, effettuati sui provini della prima serie (coppia) di prelievi, saranno presi a base per la contabilizzazione provvisoria dei lavori, a condizione che il valore della resistenza caratteristica a compressione a 28 d di maturazione accertato per ciascun tipo e classe di calcestruzzo, non risulti inferiore a quello della classe indicata negli elaborati progettuali.

Nel caso che, la resistenza caratteristica ricavata dalle prove della prima serie di prelievi, risultasse essere inferiore a quella prevista, la Direzione Lavori, nell'attesa dei risultati ufficiali, potrà a suo insindacabile giudizio ordinare la sospensione dei getti dell'opera interessata senza che l'Impresa possa accampare per questo alcun diritto.

I provini della seconda serie di prelievi dovranno essere sottoposti a prove presso Laboratori Ufficiali.

Se dalle prove eseguite presso Laboratori Ufficiali, sui provini della seconda serie di prelievi, risultasse un valore (f_{ck} o R_{ck}) inferiore di non più del 10% rispetto a quello della classe indicata negli elaborati progettuali, la Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista, effettuerà una determinazione sperimentale della resistenza meccanica del conglomerato cementizio in opera e successivamente una verifica della sicurezza.

Nel caso che tale verifica dia esito positivo, il conglomerato cementizio verrà accettato, ma verrà applicata una penale.

Qualora, poi, la resistenza caratteristica risultasse minore di quella richiesta di più del 10%, l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spese, alla demolizione e rifacimento dell'opera oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi dovranno essere formalmente approvati dal Progettista.

Nulla sarà dovuto all'Impresa se la resistenza (f_{ck} o R_{ck}) risulterà maggiore a quella indicata negli elaborati progettuali.

Saranno a carico dell'Impresa tutti gli oneri relativi alle prove di Laboratorio, sia effettuate presso i laboratori della Direzione Lavori, sia presso i Laboratori Ufficiali, comprese le spese per il rilascio dei certificati.

4.14.16. Durabilità dei conglomerati cementizi

La durabilità delle opere in conglomerato cementizio è definita dalla capacità di mantenere nel tempo, entro limiti accettabili per le esigenze di esercizio, i valori delle caratteristiche funzionali in presenza di cause di degradazione.

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

La degradazione va prevenuta applicando nelle fasi di progettazione e di esecuzione le Norme UNI 8981/87 e 9858/91.

La Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista (che dovrà documentare nel progetto delle opere l'adozione delle istruzioni di cui alla Norma UNI 8981/87) e con l'Impresa, verificherà in fase di qualifica dei materiali e degli impasti l'efficacia dei provvedimenti da adottare in base alle suddette Norme UNI.

Devesi tenere conto infatti che la durabilità si ottiene mediante l'impiego di conglomerato cementizio poco permeabile, eventualmente aerato, a basso rapporto a/c, di elevata lavorabilità, con adeguato dosaggio di cemento del tipo idoneo, mediante compattazione adeguata, rispettando i limiti del tenore di ione cloruro totale nel conglomerato cementizio e curando scrupolosamente la stagionatura.

Oltre all'impiego di tale conglomerato cementizio riveste fondamentale importanza anche lo spessore del copriferro e la eventuale presenza di fessurazioni dei manufatti.

In presenza di concentrazioni sensibili di solfati e di anidride carbonica aggressiva nelle acque e nei terreni a contatto dei manufatti, dovranno essere osservate le istruzioni di cui alle Norme UNI 8981/87 parte 2a e parte 3a, impiegando i tipi di cemento corrispondenti alle classi di resistenza chimica moderata, alta ed altissima, secondo le prescrizioni delle Norme UNI 9156/87 e 9606/90; inoltre, per i conglomerati dei tipi II e III, il rapporto acqua cemento dovrà essere inferiore di 0,05 rispetto a quelli della Tabella 15 C.

In alternativa ad una prova globale di durabilità, la Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista, farà eseguire, sempre in fase di qualifica, prove di resistenza ai cicli di gelo disgelo, di permeabilità, d'assorbimento d'acqua, di scagliamento in presenza di cloruro, di resistenza all'azione di soluzioni aggressive.

La prova di resistenza al gelo sarà svolta sottoponendo i campioni a 300 cicli di gelo e disgelo, secondo UNI 7087; la conseguente variazione delle proprietà caratteristiche dovrà essere contenuta entro i limiti sotto riportati:

-	riduzione del modulo d'elasticità:	20%
-	perdita di massa:	2%
-	espansione lineare:	0.2%
-	coefficiente di permeabilità:	
	. prima dei cicli	10^{-9} cm/sec
	. dopo i cicli	10^{-8} cm/sec

La prova di permeabilità sarà eseguita misurando il percolamento d'acqua attraverso provini sottoposti a pressione d'acqua su una faccia o, se disponibile, secondo il metodo di Figg (specifica Autostrade riportata al successivo punto 4.14.31).

La prova d'assorbimento d'acqua alla pressione atmosferica sarà eseguita secondo il procedimento UNI 7699.

La prova di scagliatura sarà eseguita secondo la relativa Norma UNI in preparazione.

La prova di penetrabilità dello ione cloruro o solfato sarà eseguita secondo la UNI 7928 o rispettivamente 8019.

4.14.17. Tecnologia esecutiva delle opere

Si ribadisce che l'Impresa è tenuta all'osservanza delle Norme Tecniche emanate in applicazione della Legge 05/11/1971 n. 1086 (D.M. del in vigore) nonché delle Leggi 02/02/1974 n. 64 (D.M. 19/06/1984; D.M. 29/01/1985; DM.LL.PP. 24/01/86; D.M. 04/05/1990; con relative istruzioni e successivi aggiornamenti) e le Norme UNI vigenti, in quanto applicabili, ed in particolare della Norma UNI 9858/91.

4.14.18. Confezione dei conglomerati cementizi

La confezione dei conglomerati cementizi dovrà essere eseguita con gli impianti preventivamente sottoposti all'esame della Direzione Lavori.

Gli impianti di betonaggio saranno del tipo automatico o semiautomatico, con dosatura a peso degli aggregati, dell'acqua, degli additivi, delle aggiunte minerali e del cemento; la precisione delle apparecchiature per il dosaggio e i valori minimi saranno quelli del punto 9.1.2.2 del prospetto della Norma UNI 9858; dovrà essere controllato il contenuto d'umidità degli aggregati.

Alla fine d'ogni turno di lavoro l'Impresa dovrà trasmettere al Responsabile del Controllo Qualità dei Materiali, incaricato dal Direttore dei Lavori, copia dei tabulati riportanti i dati di carico d'ogni impasto eseguito durante il turno stesso.

La mancata consegna dei tabulati comporterà la non accettazione del conglomerato cementizio prodotto durante l'intera giornata lavorativa.

La dosatura effettiva degli aggregati e del cemento dovrà essere realizzata con precisione del 3%.

Le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi e tarate all'inizio del lavoro e successivamente almeno una volta l'anno e comunque quando richiesto dalla Direzione Lavori.

Per l'acqua è ammessa anche la dosatura a volume.

La dosatura effettiva dell'acqua dovrà essere realizzata con precisione del 3% ed i relativi dispositivi dovranno essere tarati almeno una volta ogni due mesi o comunque quando richiesto dalla Direzione Lavori.

I dispositivi di misura del cemento, dell'acqua degli additivi e delle aggiunte dovranno essere del tipo individuale.

Le bilance per la pesatura degli aggregati possono essere di tipo cumulativo (peso delle varie pezzature con successione addizionale).

I silos del cemento degli additivi e delle aggiunte minerali debbono garantire la perfetta tenuta nei riguardi dell'umidità atmosferica.

Gli impasti dovranno essere confezionati in betoniere aventi capacità tale da contenere tutti gli ingredienti della pesata senza debordare.

Il tempo e la velocità di mescolamento dovranno essere tali da produrre un conglomerato rispondente ai requisiti d'omogeneità di cui ai successivi paragrafi.

L'impasto dovrà risultare di consistenza uniforme ed omogeneo, uniformemente coesivo (tale cioè da essere trasportato e manipolato senza che si verifichi la separazione dei singoli elementi); lavorabile (in maniera che non rimangano vuoti nella massa o sulla superficie dei manufatti dopo eseguita la vibrazione in opera).

Se al momento della posa in opera la consistenza del conglomerato cementizio non è quella prescritta, lo stesso non dovrà essere impiegato per l'opera ma scaricato in luogo appositamente destinato dall'Impresa e reso noto alla Direzione Lavori in sede di prequalifica dei conglomerati cementizi.

Tuttavia se la consistenza è minore di quella prescritta (minore slump) e il conglomerato cementizio è ancora nell'autobetoniera, la consistenza può essere portata fino al valore prescritto mediante aggiunta d'additivi fluidificanti, e l'aggiunta sarà registrata sulla bolla di consegna.

Si pone assoluto divieto all'aggiunta d'acqua durante le operazioni di getto.

La produzione ed il getto del conglomerato cementizio dovranno essere sospesi nel caso che prevedibilmente la temperatura possa scendere al di sotto di 273 K, salvo diverse disposizioni che la Direzione Lavori potrà dare volta per volta, prescrivendo in tal caso le norme e gli accorgimenti cautelativi da adottare, tenuto conto di quanto esposto nel paragrafo che segue.

4.14.19. Disposizioni alle quali attenersi per la realizzazione (confezione, getto, stagionatura e disarmo) del conglomerato cementizio, in presenza di temperature inferiori ai 278 K (soglia minima al di sotto della quale sono messi in crisi i normali tempi di maturazione) nonché in presenza di temperature al di sotto di 273 K

Affinché il materiale sottoposto alle temperature esterne sopraccitate non subisca danni irreparabili dovuti ad aumento di volume, (formazione del ghiaccio) e quindi al generarsi di tensioni interne, si rende necessaria l'adozione (in ordine cronologico) dei seguenti accorgimenti:

Rimuovere dall'interno dei casseri e della superficie dei ferri d'armatura eventuali residui di ghiaccio o di brina eventualmente venutasi a formare durante le ore in cui la temperatura subisce i cali maggiori (es. ore notturne).

Riscaldare il conglomerato cementizio durante la miscelazione attraverso il riscaldamento dei suoi ingredienti (prioritariamente l'acqua).

3- Calcolare il raffreddamento del calcestruzzo durante il trasporto.

4- Tenere conto dell'inevitabile raffreddamento del conglomerato cementizio durante il getto dalla betoniera nel cassero.

5- Isolare termicamente il getto per mantenere la temperatura a minimo 283 K riducendo la dissipazione del calore d'idratazione sviluppata.

Come si evince dalla lettura dei punti 2 e 3, l'Impresa, oltre a dover rispettare i parametri dichiarati in sede di studio progettuale, dovrà garantire una temperatura del conglomerato cementizio, tale da permettere l'ottenimento, durante la fase di maturazione, di minimo 283 K.

Al fine di conferire al getto un adeguato isolamento termico, atto a mantenere una temperatura costante di 283 K all'interno dei casseri, risulta necessario coibentare i casseri stessi, nonché proteggere le superfici esposte (solette) con idonee coperture.

Tutto ciò premesso, nella scelta degli accorgimenti occorrerà tenere conto dei seguenti parametri:

- spessore minimo della struttura;
- temperatura dell'ambiente;
- dosaggio di cemento;
- resistenza termica del cassero e dell'eventuale protezione aggiuntiva, affinché sia garantita la temperatura di cui sopra per un periodo minimo di permanenza nei casseri del conglomerato di 7 (sette) giorni.

Le disposizioni di cui sopra non sostituiscono, ma integrano, quelle che devono essere le caratteristiche peculiari di un conglomerato cementizio qualitativamente elevato, ossia il mantenimento del rapporto acqua/cemento entro il limite richiesto, un'adeguata lavorabilità tale da consentire un regolare deflusso ed assestamento del conglomerato entro i casseri e tra i ferri d'armatura, la quantità d'aria microocclusa in funzione del diametro massimo (D max) dell'aggregato ed infine, una corretta maturazione affinché si prevenga la formazione di fessure da "ritiro plastico".

I dettagli operativi, atti a garantire le prestazioni richieste, saranno inseriti dall'Impresa nello studio progettuale, secondo quanto previsto nelle presenti Norme Tecniche.

4.14.20. Trasporto

Il trasporto dei conglomerati cementizi dall'impianto di betonaggio al luogo d'impiego dovrà essere effettuato con mezzi idonei al fine di evitare la possibilità di segregazione dei singoli componenti e comunque tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del conglomerato cementizio medesimo.

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

L'uso delle pompe sarà consentito a condizione che l'Impresa adotti, a sua cura e spese, provvedimenti idonei a mantenere il valore prestabilito del rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio alla bocca d'uscita della pompa.

Non saranno ammessi gli autocarri a cassone o gli scivoli.

La durata massima consentita del trasporto dipenderà essenzialmente dalla composizione del calcestruzzo e dalle condizioni atmosferiche; all'atto dello scarico dovrà essere controllata l'omogeneità dell'impasto con la prova indicata nei seguenti paragrafi. È facoltà della Direzione Lavori di rifiutare carichi di conglomerato cementizio non rispondenti ai requisiti prescritti.

Questi ultimi, una volta rifiutati, non potranno essere oggetto d'eventuali "correzioni" ma dovranno essere definitivamente ed insindacalmente riposti nell'apposito sito predisposto dall'Impresa.

4.14.21. Posa in opera

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

La posa in opera sarà eseguita con ogni cura ed a regola d'arte, dopo aver preparato accuratamente e rettificati i piani di posa, le casseforme, i cavi da riempire e dopo aver posto le armature metalliche.

Nel caso di getti contro terra, roccia, ecc., si deve controllare che la pulizia del sottofondo, il posizionamento d'eventuali drenaggi, la stesura di materiale isolante o di collegamento, siano eseguiti in conformità alle disposizioni di progetto e delle presenti Norme.

I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto ed alle prescrizioni della Direzione Lavori.

Si avrà cura che in nessun caso si verifichino cedimenti dei piani d'appoggio e delle pareti di contenimento.

Le casseforme dovranno essere atte a garantire superfici di getto regolari ed a perfetta regola d'arte; in tal senso l'Impresa provvederà, a sua cura e spese, alla posa d'opportuni ponteggi ed impalcature, previa presentazione ed approvazione da parte della Direzione Lavori dei relativi progetti.

Dovranno essere impiegati prodotti disarmanti aventi i requisiti di cui alle specifiche della Norma UNI 8866; le modalità d'applicazione dovranno essere quelle indicate dal produttore evitando accuratamente aggiunte eccessive e ristagni di prodotto sul fondo delle casseforme.

La Direzione Lavori eseguirà un controllo della quantità di disarmante impiegato in relazione allo sviluppo della superficie di casseforme trattate.

Dovrà essere controllato inoltre che il disarmante impiegato non macchi o danneggi la superficie del conglomerato.

A tale scopo saranno usati prodotti efficaci per la loro azione specifica escludendo i lubrificanti di varia natura. Dal giornale lavori del cantiere dovrà risultare la data d'inizio e di fine dei getti e del disarmo.

Se il getto dovesse essere effettuato durante la stagione invernale, l'Impresa dovrà tenere registrati giornalmente i minimi di temperatura desunti da un apposito termometro esposto nello stesso cantiere di lavoro.

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

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

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

Quando le irregolarità siano mediamente superiori a 10 mm, la Direzione Lavori ne imporrà la regolarizzazione a totale cura e spese dell'Impresa mediante uno strato di materiali idonei che, secondo i casi e ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori potrà essere costituito da:

- malte o betoncini reoplastici a base cementizia a ritiro compensato;
- conglomerato bituminoso del tipo usura fine, per spessori non inferiori a 15 mm.

Eventuali ferri (filo, chiodi, reggette) che con funzione di legatura di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere da getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 0,5 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti saranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento espansivo.

È poi prescritto che, dovunque sia possibile, gli elementi dei casseri siano fissati nell'esatta posizione prevista utilizzando fili metallici liberi di scorrere entro tubetti di materiale PVC o simile, di colore grigio, destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio, armato o non armato. Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione.

A questo scopo il conglomerato dovrà cadere verticalmente al centro della cassaforma e sarà steso in strati orizzontali di spessore limitato e comunque non superiore a 50 cm misurati dopo la vibrazione.

È vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo con l'impiego del vibratore; è altresì vietato lasciar cadere dall'alto il conglomerato cementizio per un'altezza superiore ad un metro; se necessario si farà uso di tubi getto o si getterà mediante pompaggio.

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

L'Impresa dovrà porre particolare cura nella realizzazione dei giunti di dilatazione o contrazione di tipo impermeabile (waterstop), o giunti speciali aperti, a cunei, secondo le indicazioni di progetto.

Tra le successive riprese di getto non dovranno aversi distacchi o discontinuità o differenze d'aspetto e la ripresa potrà effettuarsi solo dopo che la superficie del getto precedente sia stata accuratamente pulita, lavata e spazzolata; gli eventuali giunti di costruzione saranno sigillati, così come previsto nelle presenti Norme Tecniche.

La Direzione Lavori avrà la facoltà di prescrivere, ove e quando lo ritenga necessario, che i getti siano eseguiti senza soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa, anche se ciò comporta che il lavoro debba essere condotto a turni, durante le ore notturne ed anche in giornate festive, senza che all'Impresa non spetti nulla di più di quanto previsto contrattualmente.

In alternativa la Direzione Lavori potrà prescrivere l'adozione di riprese di getto di tipo monolitico.

Queste saranno realizzate mediante spruzzatura d'additivo ritardante sulla superficie del conglomerato cementizio fresco; dopo che la massa del conglomerato sarà indurita si provvederà all'eliminazione della malta superficiale non ancora rappresa, mediante getto d'acqua, ottenendo una superficie di ripresa scabra, sulla quale si potrà disporre all'atto della ripresa di getto una malta priva di ritiro immediatamente prima del nuovo getto di conglomerato cementizio.

Quando il conglomerato cementizio deve essere gettato in presenza d'acqua, si dovranno adottare gli accorgimenti approvati dalla Direzione Lavori, necessari per impedire che l'acqua lo dilavi e ne pregiudichi la normale maturazione.

La temperatura del conglomerato cementizio all'atto del getto dovrà essere compresa tra 278 e 303 K.

4.14.22. Stagionatura e disarmo, prevenzione delle fessure da ritiro plastico

A getto ultimato dovrà essere curata la stagionatura dei conglomerati cementizi in modo da evitare un rapido prosciugamento delle superfici esposte all'aria dei medesimi e la conseguente formazione di fessure da ritiro plastico, usando tutte le cautele ed impiegando i mezzi più idonei allo scopo, fermo restando che il sistema proposto dall'Impresa dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori.

A questo fine le superfici del conglomerato cementizio non protette dalle casseforme dovranno essere mantenute umide il più a lungo possibile e comunque per almeno 7 d, sia per mezzo di prodotti antievaporanti (curing), da applicare a spruzzo subito dopo il getto, sia mediante continua bagnatura, sia con altri sistemi idonei.

I prodotti antievaporanti (curing) ed il loro dosaggio dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori.

Le loro caratteristiche dovranno essere conformi a quanto indicato nella Norma UNI 8656 : tipi 1 e 2.

La costanza della composizione dei prodotti antievaporanti dovrà essere verificata, a cura della Direzione Lavori ed a spese dell'Impresa, al momento del loro approvvigionamento.

In particolare per le solette, che sono soggette all'essiccamento prematuro ed alla fessurazione da ritiro plastico che ne deriva, è fatto obbligo di applicare sistematicamente i prodotti antievaporanti di cui sopra.

È ammesso in alternativa l'impiego, anche limitatamente ad uno strato superficiale di spessore non minore di 20 cm, di conglomerato cementizio rinforzato da fibre di resina sintetica di lunghezza da 20 a 35 mm, di diametro d'alcuni millesimi di millimetro aggiunti nella betoniera e dispersi uniformemente nel conglomerato cementizio, in misura di 0,5÷1,5 kg/m³.

Nel caso che sulle solette si rilevino manifestazioni di ritiro plastico con formazione di fessure d'apertura superiore a 0,3 mm, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese alla demolizione ed al rifacimento delle strutture danneggiate.

4.14.23. Maturazione accelerata a vapore

La maturazione accelerata a vapore deve essere eseguita osservando le prescrizioni che seguono secondo il disposto del punto 10.7 della Norma UNI 9858/91:

- la temperatura del conglomerato cementizio, durante le prime 3 h dall'impasto non deve superare 303 K, dopo le prime 4 h dall'impasto non deve superare 313 K;
- il gradiente di temperatura non deve superare 20 K/h;
- la temperatura massima del calcestruzzo non deve in media superare 333 K (i valori singoli devono essere minori di 338 K);
- il calcestruzzo deve essere lasciato raffreddare con un gradiente di temperatura non maggiore di 10 K/h;
- durante il raffreddamento e la stagionatura occorre ridurre al minimo la perdita d'umidità per evaporazione.

4.14.24. Disarmo e scasseratura

Durante il periodo della stagionatura, i getti dovranno essere riparati da possibilità d'urti, vibrazioni e sollecitazioni d'ogni genere.

La rimozione delle armature di sostegno dei getti dovrà essere effettuata quando siano state sicuramente raggiunte le prescritte resistenze e comunque mai prima di 48 (quarantotto) ore.

In assenza di specifici accertamenti, l'Impresa dovrà attenersi a quanto stabilito nelle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5/11/1971 n. 1086 (D.M. in vigore).

4.14.25. Protezione dopo la scasseratura

Si richiama integralmente il punto 10.6 della Norma UNI 9858/91; al fine di evitare un prematuro essiccamento dei manufatti dopo la rimozione delle casseforme, a seguito del quale l'indurimento è ridotto e il materiale risulta più poroso e permeabile, si dovrà procedere ad una stagionatura da eseguire con i metodi sopra indicati.

La durata della stagionatura, intesa come giorni complessivi di permanenza nei casseri e di protezione dopo la rimozione degli stessi, va determinata in base alle indicazioni del punto 10.6.3, prospetti XII e XIII, della Norma UNI 9858.

4.14.26. Predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature, oneri vari

L'Impresa avrà a suo carico il preciso obbligo di predisporre in corso d'esecuzione quanto è previsto nei disegni costruttivi o sarà successivamente prescritto di volta in volta in tempo utile dalla Direzione Lavori, circa fori, tracce, cavità, incassature ecc. nelle solette, nervature, pilastri, murature, ecc., per la posa in opera d'apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle d'ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere d'interdizione, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti d'impianti.

Tutte le conseguenze per la mancata esecuzione delle predisposizioni così prescritte dalla Direzione Lavori, saranno a totale carico dell'Impresa, sia per quanto riguarda le rotture, i rifacimenti, le demolizioni d'opere di spettanza dell'Impresa stessa, sia per quanto riguarda le eventuali opere d'adattamento d'infissi o impianti, i ritardi, le forniture aggiuntive di materiali e la maggiore mano d'opera occorrente da parte dei fornitori.

Quando previsto in progetto, le murature in conglomerato cementizio saranno rivestite sulla superficie esterna con paramenti speciali in pietra, laterizi od altri materiali da costruzione; in tal caso i getti dovranno procedere contemporaneamente al rivestimento ed essere eseguiti in modo da consentire l'adattamento e l'ammorsamento.

Qualora la Società dovesse affidare i lavori di protezione superficiale dei conglomerati cementizi a ditte specializzate, nulla è dovuto all'Impresa per gli eventuali oneri che dovessero derivarle dalla necessità di coordinare le rispettive attività.

4.14.27. Prova sui materiali e sul conglomerato cementizio fresco

Fermo restando quanto stabilito al precedente punto 4.14.15 riguardo alla resistenza dei conglomerati cementizi, la Direzione Lavori si riserva la facoltà di prelevare, in ogni momento e quando lo ritenga opportuno, ulteriori campioni di materiali o di conglomerato cementizio da sottoporre ad esami o prove di laboratorio.

In particolare in corso di lavorazione sarà controllata la consistenza, l'omogeneità, il contenuto d'aria, il rapporto acqua/cemento e l'acqua essudata (bleeding).

La prova di consistenza si eseguirà misurando l'abbassamento al cono d'ABRAMS (slump), come disposto dalla Norma UNI 9418/89. Detta prova sarà effettuata ad ogni autobetoniera, nei pressi del getto, dal personale del laboratorio dell'Impresa o dal personale dei laboratori di fiducia della Direzione Lavori.

Quando la consistenza prevista progettualmente è definita come S1, S2, S3, S4 e S5, l'effettivo abbassamento in centimetri cui fare riferimento per la valutazione della prova sarà quello riportato nello studio progettuale.

Ad ogni controllo sarà redatto un apposito rapporto di prova strutturato secondo le indicazioni della Direzioni Lavori.

Qualora l'abbassamento, con tolleranza di ± 1 cm, non fosse quello progettualmente previsto l'autobetoniera sarà allontanata dal cantiere; sarà premura della Direzione Lavori accertare che il conglomerato in essa contenuto non sia oggetto d'eventuali manipolazioni, ma sia definitivamente scartato in quanto non idoneo.

Tale prova sarà considerata significativa per abbassamenti compresi 2 e 23 cm.

Per abbassamenti inferiori a 2 cm si dovrà eseguire la prova con la tavola a scosse secondo la Norma UNI 8020/89 o con l'apparecchio VEBE secondo la Norma UNI 9419/89.

La prova d'omogeneità sarà eseguita vagliando ad umido due campioni di conglomerato, prelevati a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera, attraverso il vaglio a maglia quadra da 4 mm.

La percentuale in peso di materiale grosso nei due campioni non dovrà differire più del 10%.

Inoltre lo slump dei due campioni prima della vagliatura non dovrà differire più di 3 cm.

La prova del contenuto d'aria è richiesta ogni qualvolta s'impieghi un additivo aerante e dovrà essere effettuata sul contenuto d'ogni betoniera, dal personale del laboratorio dell'Impresa e dal personale del laboratorio della Direzione Lavori; quando il contenuto percentuale d'aria microocclusa non sarà quello preliminarmente stabilito, l'autobetoniera sarà allontanata dal cantiere.

Sarà premura della Direzione Lavori accertare che il conglomerato in essa contenuto non sia oggetto d'eventuali manipolazioni, ma sia definitivamente scartato in quanto non idoneo.

Essa sarà eseguita secondo la Norma UNI 6395/72.

Il rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio fresco dovrà essere controllato in cantiere, secondo la Norma UNI 6393/88, almeno una volta per ogni giorno di getto.

In fase d'indurimento potrà essere prescritto il controllo della resistenza a diverse epoche di maturazione, su campioni appositamente confezionati.

Sul conglomerato cementizio indurito la Direzione Lavori potrà disporre l'effettuazione di prove e controlli mediante prelievo di carote e/o altri sistemi anche non distruttivi quali ultrasuoni, misure di resistività, misure di pull out con tasselli Fischer, contenuto d'aria da aerante, ecc..

4.14.28. Armature per c.a.

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

L'uso dei distanziatori dovrà essere esteso anche alle strutture di fondazione armate. In assenza di tali distanziatori la Direzione lavori non darà il proprio assenso all'inizio delle operazioni di getto.

Copriferro ed interferro dovranno essere dimensionati nel rispetto del disposto di cui alle Norme d'esecuzione per c.a. e c.a.p., contenute nelle "Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche "(D.M. in vigore) emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5.11.1971 n. 1086.

Lo spessore del copriferro, in particolare, dovrà essere correlato allo stato limite di fessurazione del conglomerato, in funzione delle condizioni ambientali in cui verrà a trovarsi la struttura e comunque non dovrà essere inferiore a 3 cm.

Per strutture ubicate in prossimità di litorali marini o in presenza d'acque con componenti di natura aggressiva (acque selenitose, solforose, carboniche, ecc.), la distanza minima delle superfici metalliche delle armature dalle facce esterne del conglomerato dovrà essere di 4 cm.

Le gabbie d'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.

In presenza di ferri d'armatura zincati od in acciaio inox, il filo utilizzato per le legature dovrà avere le stesse caratteristiche dell'acciaio da sottoporre a legatura.

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

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

4.14.29. Armatura di precompressione

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

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

Oltre a quanto prescritto delle vigenti norme di legge si precisa che, nella posa in opera delle armature di precompressione, l'Impresa dovrà assicurarne l'esatto posizionamento mediante l'impiego d'appositi supporti, realizzati per esempio con pettini in tondini d'acciaio. Per quanto riguarda l'iniezione nei cavi di precompressione, si rimanda all'articolo specifico delle presenti Norme Tecniche.

4.14.30. Protezione catodica delle solette d'impalcato di ponti e viadotti

Di norma la Società provvede direttamente, tramite Impresa specializzata, alla fornitura e posa in opera degli impianti per la protezione catodica delle solette d'impalcato di ponti e viadotti.

Qualunque sia la tipologia dell'impianto l'impresa dovrà tenere conto, nei propri programmi di lavoro, dei tempi occorrenti per la loro fornitura e posa in opera e dovrà coordinarsi in tal senso con l'impresa specializzata.

L'Impresa, quando espressamente previsto, resta obbligata inoltre a prestare assistenza alla posa in opera degli impianti.

4.14.31. Metodo di Figg per la determinazione del grado di permeabilità all'aria del conglomerato cementizio

Il metodo di Figg è diretto a fornire elementi di giudizio sulla capacità del conglomerato cementizio a resistere agli attacchi chimico-fisici dell'ambiente. La prova si basa sul fatto che la relazione esistente tra un gradiente di depressione, creato in un foro di un blocco di conglomerato cementizio ed il tempo necessario perché tale gradiente si annulli, è pressoché lineare.

4.14.32. Apparecchiature e materiali impiegati nella prova

- Trapano a bassa velocità dotato di sistema di bloccaggio della profondità, con punte da 10 e 12 mm di diametro;
- cilindri di gomma del diametro di 12 mm e altezza di 10 mm;
- aghi ipodermici;
- calibratore di pressione dotato di pompa manuale per il vuoto con le apposite tubazioni per la connessione del sistema agli aghi ipodermici;
- silicone;
- n. 2 cronometri.

4.14.33. Metodologia di prova

Per eseguire la prova occorre delimitare un'area triangolare avente i lati di 10 cm; in corrispondenza dei tre vertici dovranno essere realizzati, perpendicolarmente alla superficie del conglomerato cementizio, dei fori da 40 mm di profondità aventi diametro di 12 mm per i primi 20 mm e diametro di 10 mm per i restanti 20 mm.

Nella parte superiore del foro è inserito un cilindro di gomma, di diametro uguale a quello del foro, opportunamente siliconato sulla superficie laterale per favorire l'adesione alle pareti del conglomerato cementizio e isolare completamente la parte inferiore del foro.

Quest'ultima è raggiunta con un ago ipodermico, tramite il quale è creata una depressione di poco superiore a 0,55 bar.

La prova consiste nel misurare il tempo occorrente per ottenere un incremento di pressione da -0,55 a -0,50 bar.

Per conglomerati cementizi poco permeabili (T>3000 s), vista la proporzionalità indiretta tra tempo e pressione, la suddetta determinazione può essere assunta pari a cinque volte il tempo parziale corrispondente alla variazione di pressione tra -0,55 e -0,54 bar.

4.14.34. Classificazione del conglomerato cementizio in base al valore di permeabilità all'aria espresso in secondi

Nella tabella che segue è riportato, in funzione del tempo, il giudizio sulla qualità del conglomerato cementizio.

La categoria d'appartenenza, in rapporto alla permeabilità all'aria, verrà stabilità sulla base di tre prove effettuate su una superficie di 1,00 m² e sarà assegnata quando l'80% delle determinazioni, ricadono in uno degli intervalli riportati in tabella.

TEMPO	GIUDIZIO	CATEGORIA
< 30	Scarso	0,00
30 - 100	Sufficiente	1,00
100 - 300	Discreto	2,00
300 - 1000	Buono	3,00
> 1000	Eccellente	4,00

4.14.35. Resoconto di prova

Dovrà comprendere:

- data della prova;
- caratteristiche fisiche dell'area analizzata;

- provenienza e caratteristiche dell'impasto usato; tipo e granulometria degli aggregati; rapporto A/C; tipo e dosaggio del cemento; dosaggio e tipo d'eventuali additivi; contenuto d'aria nel calcestruzzo fresco;

- classe di permeabilità del conglomerato cementizio determinata sulla base dei risultati ottenuti, che dovranno essere tabellati e riportati su grafico;

- ogni altra informazione utile.

Al conglomerato che sarà definito come "scarso" sarà applicata una penale del 25%, sul valore dell'intero lotto che non soddisfa i requisiti.

4.14.36. Rivestimento delle pareti di scavo, pendici o pozzi di fondazione

Il rivestimento delle pareti, di scavo pendici o di pozzi di fondazione sarà eseguito con conglomerato cementizio spruzzato.

Detto conglomerato dovrà essere confezionato nel rispetto dei precedenti paragrafi delle presenti Norme; dovrà avere classe di resistenza a 28 d $\geq$ 28/35 MPa, a 24 h non inferiore a 10 MPa e a 15 MPa a 48 h, confezionato con aggregati d'appropriata granulometria continua e di dimensioni non superiori a 12 mm, tali da poter essere proiettati ad umido o a secco con le normali attrezzature da "spritz", salvo diverse prescrizioni progettuali.

Il rapporto acqua cemento non dovrà essere superiore a 0,5.

Per conseguire fluidità, coesione e rapidità di presa, senza compromettere 1e caratteristiche di resistenza del conglomerato, potrà essere impiegato cemento di tipo II (con esclusione dei tipi A-L, B-L) avente tenore di C_3Al inferiore al 5% (ed avente un grado di finezza Blaine maggiore di 4.500 cm^2/g), di tipo III o di tipo IV, tutti di classe 42,5 o 42,5R in ragione di minimo 450 kg per metro cubo d'impasto, con l'adozione d'additivi ad azione superfluidificante e/o inibitrice d'idratazione ed accelerante di presa, compatibili con il cemento impiegato.

Trattasi in particolare di:

- additivo riduttore d'acqua iperfluidificante in grado di mantenere la consistenza del conglomerato (miscela base) costante per 90 minuti;

- eventuale silice ad elevata superficie specifica, (silicafume) attivata e compattata, in ragione di un tenore compreso tra il 5% e il 10%, in relazione alle richieste progettuali;

- additivo accelerante di presa non caustico, con rapporto ponderale SiO_2 / Na_2O $\geq$ di 3,4, privo d'alluminati, a base di composti contenenti biossido di silicio e polimeri di sintesi, il cui effetto si esplichi sia attraverso l'istantanea perdita di lavorabilità dovuta all'incompatibilità fisico-chimica con l'additivo riduttore d'acqua iperfluidificante, che all'istantanea accelerazione della presa.

L'accelerante di presa dovrà essere aggiunto in corrispondenza della lancia di proiezione ed in ragione massima del 12% (peso/peso) sul peso del legante.

La classe di consistenza dovrà essere di tipo S4 e specificamente 18 cm ± 1 cm, costante, dal momento del confezionamento sino al momento della proiezione per 90 min.

La composizione del conglomerato dovrà essere sottoposta dall'Impresa alla preventiva approvazione della Direzione Lavori.

Il tempo e la velocità di mescolamento dovranno essere tali da produrre un conglomerato rispondente ai requisiti d'omogeneità di cui al paragrafo 4.14.27.

La qualifica preliminare del conglomerato cementizio, le prove sui materiali e sul conglomerato fresco, dovranno essere effettuati con l'osservanza del disposto delle presenti Norme.

I prelievi di controllo della miscela base (conglomerato non accelerato) andranno eseguiti con frequenza giornaliera per ogni singola opera sottoposta alla lavorazione, il valore di resistenza sarà determinato sulla media di due provini cubici, di lato 15 cm.

Il controllo del prodotto finito sarà eseguito in opera mediante carotaggi; la resistenza a compressione sarà determinata sulla media di due prelievi (carote) per ogni giorno di getto d'ogni opera interessata alla lavorazione, prelevati secondo UNI 6131 e provati secondo UNI 6132.

Per normalizzare i risultati ottenuti su carote aventi rapporti h/d diversi da 1 si prenderà in considerazione la snellezza λ = h/d. La stima della resistenza cubica R_c (MPa) del calcestruzzo proiettato a partire dalla resistenza compressione sui cilindri f/λ (MPa) dovrà essere calcolata secondo la seguente formula:

$$Rc = \frac{2,5}{1,5+1/\lambda} x \int \lambda$$

Al fine di tenere nella dovuta considerazione l'effetto di disturbo indotto nel calcestruzzo, il valore di R_c dovrà essere incrementato del 20%.

In base ai risultati ottenuti, la resistenza cubica caratteristica a compressione (R_{ck}) è stimata secondo quando indicato nella normativa UNI 9858.

Per la valutazione delle resistenze a 24 h ed a 48 h (il valore ottenuto sarà definito come resistenza stimata "R_{stim}") si dovrà adottare il metodo dello sparo ed estrazione di chiodi tramite l'utilizzo di:

- Pistola di sicurezza spara chiodi (tipo HILTI DX 450 L o equivalente con pistone 45 M6-8L preselezionata in posizione 1) dotata di cartucce esplosive (propulsori tipo HILTI 6,8/11 M di colore verde o equivalenti) d'intensità nota, codice di potenza 02, in grado di fornire al chiodo un'energia che conferisca al chiodo stesso una velocità iniziale compresa tra i 50 ed i 70 m/s (che deve essere dichiarata dal costruttore).

- Chiodi (prigionieri) (tipo HILTI M6-8-52 D12 e tipo HILTI M6-8-72 D12 o equivalente) filettati (M6-8) in acciaio al carbonio HRC55.5 ± 1, diametro 37 mm e con rivestimento in zinco di 5÷13 m, la lunghezza del gambo dei chiodi è prefissata ed è pari a 52 o 72 mm.

- Apparecchio estrattore (tipo HILTI tester 4 o equivalente) in grado di misurare la forza d'estrazione con la tolleranza di ± 100 N; tale apparecchiatura dovrà essere corredata della curva di taratura che mette in relazione il valore letto del carico col valore corretto del carico medesimo.

Le modalità d'esecuzione della prova e le tabelle di correlazione per l'estrapolazione dei dati saranno indicate dalla Direzione Lavori e saranno comunque conformi a quanto riportato in "Linee guida per il calcestruzzo proiettato" (ed. Austrian Concrete Society - ed. 1997.

Le resistenze dovranno essere quelle di progetto e comunque non inferiori a:

R_{stim} a 24 h ≥ 10 MPa con la tolleranza di - 1 MPa

R_{stim} a 48 h ≥ 15 MPa con la tolleranza di - 1 MPa

Classe di resistenza a 28 d ≥ 28/35 MPa

I controlli andranno eseguiti con frequenza giornaliera ed il valore di resistenza sarà determinato sulla media d'otto chiodi o di due provini (carotaggi) per ogni controllo.

Negli attimi precedenti alla proiezione del conglomerato, dovranno essere confezionati per ogni giorno di getto, n. 2 provini di calcestruzzo privo d'accelerante al fine di accertare l'effettivo abbattimento delle resistenze causato dall'aggiunta dello stesso; i provini saranno sottoposti a controllo così come previsto dalle presenti Norme Tecniche.

Il controllo, ai fini della contabilizzazione, della resistenza caratteristica sarà eseguito esclusivamente sulla scorta dei risultati della rottura a compressione dei carotaggi eseguiti in opera.

Qualora le resistenze alle diverse maturazioni fossero inferiori a quanto previsto saranno applicate delle penalità. Le prove per la determinazione della resistenza stimata R_{stim} saranno eseguite dal personale tecnico della Direzione Lavori in contraddittorio con il personale tecnico dell'Impresa la quale dovrà farsi carico di tutti gli oneri relativi alle prove eseguite.

Le prove di rottura a compressione andranno eseguite presso Laboratori indicati dalla Direzione Lavori ed i relativi oneri saranno a carico dell'Impresa.

Per quanto applicabile e non in contrasto con le presenti Norme, per le modalità di confezionamento, messa in opera e verifica delle resistenze si farà costante riferimento alle raccomandazioni europee EFNARC (final draft) versione ottobre 1993, ed "Linee guida per il calcestruzzo spruzzato" Austrian Concrete Society ed. 1997, nella attesa che sia pubblicata la corrispondente Normativa Italiana, attualmente in fase di redazione.

Il rivestimento in conglomerato cementizio spruzzato, in relazione alle previsioni di progetto, potrà essere armato con rete in barre d'acciaio a maglie elettrosaldate o, in alternativa, con fibre d'acciaio.

Le fibre d'acciaio per la confezione del conglomerato armato con fibre dovranno essere realizzate con filo ottenuto per trafilatura d'acciaio a basso contenuto di carbonio, del diametro di 0,5 mm circa, avente tensione di rottura per trazione (f) ≥ di 1.200 MPa e tensione di scostamento dalla proporzionalità avente (fp 0,2) ≥ 900 MPa ed allungamento minimo ≤ del 2,0%; le fibre dovranno essere lunghe 30 mm, rapporto d'aspetto (L/D)= 60 ed avere le estremità sagomate ad uncino.

Per agevolare l'uniforme distribuzione delle fibre nell'impasto, le stesse dovranno essere confezionate in pacchetti di più fibre affiancate, tra loro unite con speciale collante rapidamente solubile nell'acqua d'impasto.

La quantità di fibre d'acciaio da impiegare per l'armatura del conglomerato cementizio spruzzato dovrà essere quella prevista in progetto; le fibre dovranno essere incorporate nel conglomerato già impastato avendo cura che la loro immissione e l'ulteriore miscelazione dell'impasto avvengano immediatamente prima della posa in opera.

Qualora il conglomerato fosse prescritto dal progettista come fibrorinforzato, si determinerà, con frequenza settimanale la quantità d'energia assorbita mediante punzonamento su piastra.

Tale valore dovrà risultare ≥ 500 joule.

La rete d'armatura, posta in opera preliminarmente ed inglobata nel conglomerato in fase di proiezione, dovrà essere conforme alle prescrizioni delle presenti Norme.

Qualora la classe di resistenza a 28 d non sarà ≥ 28/35 MPa, sarà applicata una penalità pari al 20% del prezzo unitario al metro cubo sull'intera produzione giornaliera desunta dal giornale dei lavori e/o dai tabulati di stampa prodotti dall'impianto di betonaggio.

Quando gli spessori minimi rilevati dalla misurazione dei prelievi eseguiti in opera, fossero inferiori a quelli minimi previsti, la Direzione Lavori non terrà conto della lavorazione fino a che non siano stati ripristinati gli spessori minimi progettualmente richiesti.

4.14.bis. INIEZIONE NEI CAVI DI PRECOMPRESSIONE

4.14.bis.1. Boiacche cementizie per le iniezioni nei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. nuove

Nelle strutture in conglomerato cementizio armato precompresso con cavi scorrevoli, allo scopo di assicurare l'aderenza e soprattutto proteggere i cavi dalla corrosione, è necessario che le guaine siano iniettate con boiacca di cemento fluida pompabile ed a ritiro compensato (è richiesto un leggero effetto espansivo).
Tale boiacca preferibilmente pronta all'uso previa aggiunta d'acqua, oppure ottenuta da una miscela di cemento speciale, additivo in polvere, dosato in ragione del 5÷6% sul peso del cemento, ed acqua, non dovrà contenere cloruri né polvere d'alluminio, né coke, né altri agenti che provocano espansione mediante formazione di gas capaci di innescare fenomeni di corrosione.
Oltre a quanto prescritto dalle vigenti norme di legge (Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 5.11.1971 n. 1086 con D.M. in vigore) di cui si riporta il testo al punto 4.14.bis.1.3, si precisa quanto segue, intendendosi sostituite dalle prescrizioni che seguono (più restrittive) parte delle prescrizioni analoghe contenute nel citato D.M.:

1) - La fluidità della boiacca d'iniezione dovrà essere misurata (punto 4.14.bis.1.1) per ogni impasto all'entrata delle guaine e per ogni guaina all'uscita; l'iniezione continuerà finché la fluidità della boiacca in uscita sarà paragonabile a quella in entrata (±3 secondi sul tempo di scolo del cono, purché non si scenda al di sotto dei 15 secondi).
   Si dovrà provvedere con appositi contenitori affinché la boiacca di sfrido non sia scaricata senza alcun controllo sull'opera o attorno ad essa. Una più accurata pulizia delle guaine ridurrà l'entità di questi sfridi.
2) - È richiesto l'uso d'acqua potabile per l'impasto in ragione del 30÷35% in peso rispetto al peso del cemento e additivo.
3) - L'impastatrice dovrà essere del tipo ad alta velocità, almeno 1500÷2000 giri/min.
   È proibito l'impasto a mano; il tempo di mescolamento sarà fissato di volta in volta in base ai valori del cono di MARSH modificato.
4) - La ritenzione d'acqua a cinque minuti dall'impasto dovrà essere superiore al 90% (Norma ASTM C 91).
5) - L'essudazione non dovrà essere superiore allo 0,2% del volume (vedi punto 4.14.bis.1.2).
6) - Il ritiro dovrà essere assente, l'espansione dovrà essere almeno di 400 µm di lunghezza a due giorni (Norma UNI 8147).
7) - Il tempo d'inizio presa non dovrà essere inferiore a tre ore (a 303 k).
8) - L'aderenza della boiacca a tondini lisci dovrà risultare di almeno 3,5 MPa a 7 d.
9) - È tassativamente prescritta la disposizione di tubi di sfiato in corrispondenza di tutti i punti più elevati di ciascun cavo, comprese le trombette ed i cavi terminali.
   Ugualmente dovranno esserci tubi di sfiato nei punti più bassi dei cavi lunghi e con forte dislivello.
   All'entrata d'ogni guaina dovrà essere posto un rubinetto, valvola o altro dispositivo, atti a mantenere, al termine dell'iniezione, la pressione entro la guaina stessa per un tempo di almeno 5 h.
10)- L'iniezione dovrà avere carattere di continuità e non potrà essere assolutamente interrotta.
   In caso d'interruzioni dovute a causa di forza maggiore e superiori a 5 min, il cavo sarà lavato e l'iniezione andrà ripresa dall'inizio.
11)- È preferibile l'impiego di cemento tipo IV 42,5 o 42,5R.

Di tale miscela l'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori uno studio preliminare, comprovante la rispondenza della stessa a quanto previsto nelle presenti Norme Tecniche.
La mancata presentazione della documentazione preliminare comporta la non autorizzazione all'inizio della esecuzione dei lavori, né saranno accettate eventuali lavorazioni svolte prima dell'approvazione delle modalità esecutive.

4.14.bis.1.1. Misura della fluidità con il cono di MARSH modificato

L'apparecchio dovrà essere costruito in acciaio inossidabile e avere la forma e le dimensioni che seguono: cono con diametro di base 15,5 cm, altezza 29 cm; ugello cilindrico diametro interno 1,0 cm, altezza 6 cm, riempimento fino a 1 cm dal bordo superiore.
La fluidità della boiacca sarà determinata misurando il tempo totale di scolo del contenuto del cono, diviso per 1,77.
La fluidità della boiacca sarà ritenuta idonea quando detto tempo sarà compreso tra 15 e 25 s subito dopo l'impasto e tra 25 e 35 s a 30 min dall'impasto (operando alla temperatura di 293 K).

4.14.bis.1.2. Misura dell'essudazione della biacca (bleeding)

Si opera con una provetta graduata cilindrica (250 cm³, ø=6 cm, riempita con 100 cm³ di boiacca). La provetta deve essere tenuta in riposo al riparo dall'aria.
La misura si effettua tre ore dopo il mescolamento con lettura diretta oppure con pesatura prima e dopo lo svuotamento con pipetta dell'acqua trasudata.

4.14.bis.1.3. Estratto dal D.M. in vigore

. *Punto 6.2.4.2.1 - Caratteristiche della malta*

- Omissis -

La resistenza a trazione per flessione a 8 d deve essere maggiore o uguale a 4 N/mm² (4 MPa)

- Omissis -

. *Punto 6.2.4.2.2 - Operazione d'iniezione*

a) dopo l'impasto, la malta deve essere mantenuta in movimento continuo.
È essenziale che l'impasto sia esente da grumi;
b) immediatamente prima della iniezione di malta, i cavi saranno puliti;
c) l'iniezione deve avvenire con continuità e senza interruzioni. La pompa deve avere capacità sufficiente perché in cavi di diametro ø<10 cm la velocità della malta sia compresa fra 6 e 12 m/min, senza che la pressione superi 10 bar;
d) la pompa deve avere un efficace dispositivo per evitare le sovrappressioni;
e) non è ammessa l'iniezione con aria compressa;
f) quando possibile l'iniezione si deve effettuare dal più basso ancoraggio o dal più basso foro del condotto;
g) per condotti di grande diametro può essere necessario ripetere l'iniezione dopo circa due ore;
h) la malta che esce dagli sfiati deve essere analoga a quella alla bocca d'immissione e non contenere bolle d'aria; una volta chiusi gli sfiati si manterrà una pressione di 5 bar fintanto che la pressione permane senza pompare per almeno 1 min;
i) la connessione fra ugello del tubo d'iniezione ed il condotto deve essere realizzata con dispositivo meccanico e tale che non possa aversi entrata d'aria;
l) appena terminata l'iniezione, bisogna avere cura di evitare perdite di malta dal cavo.
I tubi d'iniezione devono essere di conseguenza colmati di malta se necessario.

. *Punto 6.2.4.2.3 - Condotti*

a) I punti di fissaggio dei condotti debbono essere frequenti ed evitare un andamento serpeggiante;
b) ad evitare sacche d'aria dovranno essere disposti sfiati nei punti più alti del cavo;
c) i condotti debbono avere forma regolare, preferibilmente circolare.
La loro sezione deve risultare maggiore di:

$$A_0 = 2 \bullet \sum_{i=1}^{i=n} \bullet a_i$$

(per cavi a fili, trecce o trefoli)

$$A_0 = 1{,}5 \bullet a$$

(per sistemi a barra isolata)

dove «a_i» è l'area del singolo filo, treccia o trefolo, «n» il numero di fili, trecce o trefoli costituenti il cavo ed «a» l'area della barra isolata.
In ogni caso l'area libera del condotto dovrà risultare non minore a 4 cm².
d) Si devono evitare per quanto possibile brusche deviazioni o cambiamenti di sezione.

. *Punto 6.2.4.2.4 - Iniezioni*

a) Fino al momento della iniezione nei cavi occorre proteggere l'armatura dall'ossidazione.
Le iniezioni dovranno essere eseguite entro quindici giorni a partire dalla messa in tensione, salvo casi eccezionali di ritaratura nei quali debbono essere adottati accorgimenti speciali al fine di evitare che possano iniziare fenomeni di corrosione;
b) in tempo di gelo è bene rinviare le iniezioni a meno che non siano prese precauzioni speciali;
c) se si è sicuri che la temperatura della struttura non scenderà al di sotto di 278 K nelle 48 h seguenti alla iniezione, si può continuare l'iniezione stessa con una malta antigelo di cui sia accertata la non aggressività, contenente dal 6 al 10% d'aria occlusa;
d) se può aversi gelo nelle 48 h seguenti all'iniezione, bisogna riscaldare la struttura e mantenerla calda per almeno 48 h in modo che la temperatura della malta iniettata non scenda al di sotto di 278 K;
e) dopo il periodo di gelo bisogna assicurarsi che i condotti siano completamente liberi dal ghiaccio o brina.
È vietato il lavaggio a vapore.

4.14.bis.2. Miscele a bassa viscosità per le iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. esistenti

4.14.bis.2.0. Generalità

Le presenti norme regolano l'esecuzione d'iniezioni con miscele a bassa viscosità delle guaine di cavi di precompressione di strutture in c.a.p. esistenti, con grado di riempimento variabile.
A seconda del tipo di guaine da riempire, del loro numero e del loro grado di riempimento, dovrà essere deciso il tipo di materiale da usare (resine epossidiche pure o caricate o boiacche di cemento pronte all'uso) e le modalità d'iniezione (iniezione tradizionale, da più fori oppure iniezioni sotto vuoto).
Nel caso di riempimento di guaine completamente vuote saranno sempre usati materiali di tipo cementizio.
La guaina di contenimento, in polietilene ad alta densità (HDPE), per cavi di precompressione esterni, avente la forma prevista dagli elaborati progettuali, con diametro esterno fino a 130 mm e di spessore conforme a quanto previsto dalla Norma ISO 161/1 E 3607 e comunque tale da garantire, in fase d'esercizio una pressione pari a 0,4 MPa per una durata di 50 (cinquanta) anni a temperatura di 20 °C per prove di breve periodo.
Detta guaina dovrà essere impermeabile, di colore nero, priva di giunzioni ed essere resistente ai raggi UV ed in grado di sopportare una pressione interna > 1,2 MPa.
La protezione in opera dei cavi sarà costituita dal riempimento del tubo tramite iniezione con boiacca cementizia ottenuta con l'utilizza di cemento reoplastico, il diametro del tubo, in fase d'iniezione, non dovrà superare più del 2% il suo valore iniziale.
Nel seguito sono riportate le caratteristiche che i materiali devono possedere e le modalità da seguire per le iniezioni.

4.14.bis.2.1. Caratteristiche dei materiali

4.14.bis.2.1.1. Iniezione con sistemi epossidici

- **Tipo di resina**: sistema epossidico costituito unicamente da resina bicomponente (A+B), pigmentato solo su richiesta della Direzione Lavori.
  La Direzione Lavori, a seconda delle presumibili dimensioni dei vuoti all'interno delle guaine ed in relazione alle circostanze emerse durante il lavoro d'iniezione, potrà ordinare l'uso di cariche (per esempio cemento) che comunque dovranno essere di natura basica o neutra.
- **Tempo di presa**: riferito al sistema epossidico puro.
  Dovrà essere compatibile con le esigenze del lavoro e comunque non inferiore a 2 h.
  Per particolari condizioni operative la Direzione Lavori potrà richiedere tempi di presa superiori.
  POT-LIFE misurato (secondo SECAM) alla temperatura 293±1 K e umidità relativa del 65% ±5% in bicchiere di vetro della capacità di 100 cm^3 su quantità di 50 cm^3 di miscela (media su 5 prove).
- **Viscosità**: riferita al sistema epossidico puro, non dovrà essere superiore a 180 cps a 293±1 K ed umidità relativa di 65% ±5%.
  La sua determinazione potrà essere fatta mediante misura diretta o con tazza FORD 4 termostatata (media su 5 prove).
- **Ritiro**: dovrà risultare minore dello 0,1% misurato secondo norma UNI-PLAST 4285 (media su 5 prove).
- **Comportamento in presenza d'acqua**: l'eventuale presenza d'acqua nelle guaine non dovrà costituire impedimento alla policondensazione della miscela.
- **Protezione chimica dei ferri d'armatura**: la miscela dovrà avere pH basico, compreso tra 10,5 e 12,5; tale valore sarà misurato sulla resina miscelata (A + B), nel rapporto di catalisi di fornitura, diluita con acqua distillata, per avere la necessaria bagnabilità del rilevatore.

4.14.bis.2.1.2. Iniezione con boiacche cementizie

- **Tipo di boiacca cementizia**: boiacca cementizia preconfezionata, pronta all'uso con la semplice aggiunta d'acqua, esente da aggregati metallici, di viscosità molto bassa pur con rapporti acqua/solido non superiori a 0,38.
- **Viscosità**: la viscosità sarà valutata con cono di MARSH, ugello da 12 mm, secondo le modalità indicate al punto 4.14.bis.1.1; il tempo di scolo di 1000 cm^3 non dovrà essere superiore a trenta secondi nella boiacca appena confezionata e dovrà mantenersi costante per almeno 30 min.
- **Ritiro**: la boiacca dovrà essere priva di ritiro; è preferibile un comportamento espansivo.
- **Essudazione (Bleeding)**: il materiale dovrà essere esente da bleeding (la prova eseguita secondo le modalità indicate nel punto 4.14.bis.1.2).

4.14.bis.2.2. Modalità d'iniezione

4.14.bis.2.2.1. Iniezioni tradizionali

Preliminarmente, sulle travi nelle quali è stato già individuato il presumibile tracciato dei cavi di precompressione mediante misure geometriche effettuate con riferimento ai disegni di progetto e con l'ausilio di sondaggi eseguiti con apposita apparecchiatura elettromagnetica e/o ad ultrasuoni, si dovrà procedere alla localizzazione delle guaine mediante tasselli effettuati con microdemolitori (normalmente con un passo di 3÷4 m su ogni cavo partendo dal centro della trave).
Non tutti i tasselli serviti per localizzare e valutare lo stato delle guaine saranno attrezzati per l'iniezione, ma soltanto quelli più idonei; su di essi si applicheranno i tubetti d'iniezione provvisti d'apposita cuffia, da sigillare con paste collanti epossidiche, previa accurata pulizia del supporto; qualora la profondità del tassello sia rilevante, la pasta collante sarà stesa in più strati successivi. Le stuccature dovranno essere impermeabili al tipo di materiale usato nell'iniezione e, nel caso d'iniezioni sottovuoto, dovranno permettere la formazione di quest'ultimo.
Tubetti d'iniezione saranno introdotti anche nei fori degli ancoraggi dei cavi, preliminarmente scoperti e puliti, eventualmente riperforati con trapano, quindi stuccati con la pasta di cui sopra.
I tasselli non utilizzati per l'iniezione delle guaine saranno chiusi mediante malta reoplastica fluida non segregabile, tixotropica, a basso calore d'idratazione, priva di ritiro, ad elevata resistenza meccanica ed elevato potere adesivo all'acciaio ed al conglomerato cementizio. La stuccatura sarà rinforzata e supportata con una rete elettrosaldata debitamente ancorata, mediante saldature o legature alle armature esistenti.
Si procederà, inoltre, a stuccature e riparazioni di zone di conglomerato cementizio poroso, vespai ecc. in modo da chiudere possibili vie d'uscita dei materiali d'iniezione. Tali stuccature saranno effettuate con paste a base epossidica e, quando previsto dal progetto, anche rinforzate con reti metalliche.
Dopo almeno 48 h dall'ultimazione della stuccatura, si procederà alla soffiatura all'interno delle guaine per eliminare eventuali sacche d'acqua e per valutare la consistenza dei vuoti nei vari tratti.
Si procederà quindi alla iniezione della miscela scegliendo il punto iniziale in base alle risultanze della soffiatura.
In linea di massima sarà conveniente partire dai fori d'iniezione in mezzeria della trave dove sono in comunicazione gran parte delle guaine e procedere sino alla fuoriuscita (se possibile) della miscela dai primi tubetti posti ai lati del punto d'iniezione.
Si inietteranno poi questi ultimi e, via via, quelli adiacenti, in successione, fino ad ottenere la fuoriuscita della miscela dalle testate dei cavi.
Naturalmente i tubi già iniettati dovranno essere man mano sigillati.
La pressione d'iniezione dovrà essere la più bassa possibile, compatibilmente con l'esigenza di ottenere un buon riempimento dei cavi e comunque in nessun caso si dovranno superare i 5 bar.

4.14.bis.2.2.2. Iniezioni sottovuoto

Potranno essere usate tecniche d'iniezione sottovuoto, cioè provocando con apposita attrezzatura aspirante un vuoto dell'ordine di 1 bar nelle cavità da iniettare e immettendo poi il materiale di riempimento.
Le modalità di preparazione di fori d'iniezione e la loro ubicazione sono analoghe a quelle descritte nel punto 4.14.bis.2.2.1 con la variante che sarà necessario, una volta decisi i punti in cui applicare gli iniettori, effettuare una prima valutazione della possibilità di creare il vuoto e dell'entità del volume delle cavità presenti.
La prima valutazione tende ad individuare la necessità o meno di effettuare gli interventi di tenuta e le zone dove dovranno essere eseguite tali stuccature; la seconda a stimare i consumi e, principalmente, a controllare, ad iniezione terminata, che tutti i vuoti valutati siano stati riempiti.
A seconda dell'attrezzatura disponibile la valutazione si effettuerà tramite misura (con contalitri) del volume d'aria immesso nella cavità, dopo aver effettuato il vuoto, oppure in base alla legge di Mariotte operando nel modo seguente: in un serbatoio, collegato con un manometro (eventualmente il serbatoio destinato a contenere il materiale da iniettare), si valuterà il volume libero (volume dell'aria V_0) e si misurerà la pressione p_0 a cui si troverà quest'aria; si aprirà la comunicazione con la cavità già sottovuoto di volume incognito V_1.
Quando il passaggio dell'aria sarà terminato, si misurerà la pressione p d'equilibrio.
Il volume V_1 sarà allora con buona approssimazione pari a:

$$V_1 = \frac{V_0 (p_0 - p)}{p}$$

A questo punto si procederà alle iniezioni vere e proprie con il materiale di riempimento prescelto; il materiale introdotto nella cavità per azione del vuoto dovrà, a passaggio terminato, essere posto sotto una pressione di 2 - 3 bar prima del bloccaggio del tubo d'iniezione.
Occorrerà anche valutare il volume del materiale entrato in genere misurando il consumo in chilogrammi e passando al volume (V_m) per tramite del peso specifico del materiale stesso, oppure valutando direttamente il volume del materiale iniettato. Il rapporto $V_m/V_1 \cdot 100$ (grado di riempimento) sarà indicato per ogni singola iniezione.

4.14.bis.2.3. Prove

Per accertare la rispondenza ai requisiti, i materiali dovranno essere sottoposti a prove presso un Laboratorio Ufficiale con la frequenza indicata dalla Direzione Lavori. I relativi oneri sono a carico dell'Impresa.

4.15. MANUFATTI PREFABBRICATI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO, NORMALE O PRECOMPRESSO

L'impiego di manufatti totalmente o parzialmente prefabbricati può essere autorizzato dal Progettista quando lo stesso avrà preso visione dei documenti richiesti dall'art. 9 della legge 1086 e avrà verificato la previsione d'utilizzazione del manufatto prefabbricato e il suo organico inserimento nel progetto.

Per l'accettazione ed i controlli di qualità di questi manufatti, ed in particolare di quelli prodotti in serie, valgono le prescrizioni delle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 05/11/1971 n. 1086 (D.M. in vigore), delle Norme Tecniche emanate in applicazione degli artt. 1 e 3 della Legge 02/02/1974 n. 64 (D.M. 03/12/1987 e successivi aggiornamenti), delle Istruzioni C.N.R. 10025/84 "Istruzioni per il progetto, l'esecuzione e il controllo delle strutture prefabbricate in conglomerato cementizio e per le strutture costruite con sistemi industrializzati.

Per la confezione del conglomerato cementizio si farà riferimento a quanto previsto nelle presenti Norme Tecniche, compreso qualora fosse previsto, la descrizione del ciclo termico per la maturazione accelerata a vapore; inoltre nel caso in cui ci facesse ricorso i cicli di stagionatura dovranno essere preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

L'Impresa dovrà produrre, per ogni giorno di lavorazione, grazie all'utilizzo di un registratore di dati del ciclo termico, la documentazione attestante la rispondenza del ciclo stesso, a quello approvato dalla Direzione Lavori.

Qualora ciò non avvenisse, la Direzione Lavori rifiuterà l'intera produzione della giornata di lavoro non monitorata, senza che all'Impresa debba essere riconosciuto alcun compenso.

Tra la fine del ciclo di maturazione accelerata e lo scassero dell'elemento prefabbricato, non potranno passare meno di 3 (tre) ore.

In presenza d'elementi prefabbricati in c.a.p. sottoposti a maturazione accelerata a vapore, l'Impresa farà maturare, nelle stesse condizioni dell'elemento n. 2 provini cubici aventi lato 15 cm, che saranno sottoposti a rottura a compressione monoassiale presso il laboratorio di cantiere, prima di procedere alle fasi di tesatura; i risultati riferiti a dette prove saranno registrati e trasmessi con cadenza giornaliera alla Direzione Lavori.

Ad ogni effetto si richiamano qui espressamente gli articoli 6 e 9 della legge 5/11/1971 n. 1086 relativamente all'obbligo di allegare alla relazione del Direttore dei Lavori copia del certificato d'origine dei manufatti, alle responsabilità assunte dalle Ditte produttrici con il deposito della documentazione di cui ai punti a), b), c), d), del citato art. 9, nonché per quanto attinente a prelievi di materiali, prove e controlli in fase di produzione.

La Direzione Lavori potrà prescrivere prove sperimentali atte a prevedere il comportamento della struttura da realizzare con tali manufatti, avuto particolare riguardo alla durata nel tempo, alla efficienza dei collegamenti, agli effetti dei fenomeni di ritiro e viscosità e dei carichi alternati o ripetuti.

Sui manufatti saranno effettuati controlli, a cura ed a spese dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, sulla resistenza del calcestruzzo, prelevando da ogni lotto almeno un manufatto dal quale ricavare, mediante carotaggio o taglio con sega a disco, quattro provini da sottoporre a verifica della resistenza a compressione.

Qualora la resistenza media a compressione dei quattro provini risultasse inferiore a quella richiesta e comunque non al di sotto del 90% della stessa, alla partita sarà applicata una penale con le medesime modalità previste dall'art. 15; qualora risultasse inferiore al 90% della resistenza richiesta, la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere.

È in facoltà della Direzione Lavori sottoporre a controllo, a cura ed a spese dell'Impresa, anche altri manufatti oltre il primo, sui quali verificare anche:

- il rispetto del copriferro, previsto in un minimo di 2 cm;
- eventuali difetti superficiali e di finitura;
- la resistenza a compressione tramite prova pull out con tasselli Fischer.

Quando l'intera produzione sarà dichiarata ultimata, la Direzione Lavori esaminerà ogni elemento prodotto e tenendo nella dovuta considerazione tutti i parametri sopracitati, a suo insindacabile giudizio, accetterà o no quanto esaminato.

Al termine della verifica, dovrà essere redatto in contraddittorio tra Impresa e Direzione lavori un apposito verbale riportante tra l'altro, il numero totale degli elementi prodotti, il numero degli elementi considerati conformi ed il numero degli elementi considerati non conformi.

Gli elementi considerati non conformi saranno ritenuti non idonei all'impiego, la loro sostituzione sarà a totale cura e spese dell'Impresa la quale, prima di procedere al trasporto dei nuovi elementi, dovrà sottoporre gli stessi ai controlli di cui sopra.

4.16. CASSEFORME, ARMATURE DI SOSTEGNO, CENTINATURE E ATTREZZATURE DI COSTRUZIONE

Per tali opere provvisorie l'Impresa porterà alla preventiva conoscenza della Direzione Lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando l'esclusiva responsabilità dell'Impresa stessa per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione di tali opere e la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle.

Il sistema prescelto dovrà comunque essere adatto a consentire la realizzazione della struttura in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.

Nella progettazione e nella esecuzione delle armature di sostegno, delle centinature e delle attrezzature di costruzione, l'Impresa è tenuta a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente fossero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tranvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprassuolo o di sottosuolo.

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

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

Per i getti di superficie in vista dovranno essere impiegate casseforme speciali atte a garantire rifiniture perfettamente piane, lisce e prive di qualsiasi irregolarità.

La Direzione Lavori si riserva, a suo insindacabile giudizio, di autorizzare l'uso di casseforme in legno; esse dovranno però essere eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto.

In ogni caso l'Impresa avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti disarmanti.

4.16.bis. RIPRISTINO/ADEGUAMENTO D'ELEMENTI STRUTTURALI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

4.16.bis.1. Miscele per il ripristino di superfici degradate

4.16.bis.1.1. Materiali

I materiali per il ripristino/adeguamento sono suddivisi nelle seguenti categorie:
- materiali cementizi a ritiro compensato[1] nei tipi A, B, C, D, G, H, I ed L;
- malte cementizie polimero modificate nei tipi E1 ed E2;
- malte di resina nei tipi F1, F2 ed F3;

I vari tipi di materiale, per i cui requisiti e specifiche prestazionali minime si rimanda ai punti 4.16.bis.2 e 4.16.bis.3, sono così definiti:

A) **Malte cementizie, premiscelate, tissotropiche (spruzzabili), a ritiro compensato, fibrorinforzate** con fibre in lega metallica a base cromo, amorfe, flessibili ed inossidabili[2], con rapporto d'aspetto l/d pari a 125, aventi lunghezza pari a 30 mm, caratterizzate da resistenza a trazione > 1.900 MPa, presenti nella malta in quantità > 0,9 % in peso sulla malta secca. Tali malte contengono anche fibre sintetiche[3] poliacriliche.

B) **Malte cementizie, premiscelate, tissotropiche (spruzzabili), a ritiro compensato** con ritentore d'umidità, contenenti fibre sintetiche poliacriliche.

C) **Malte cementizie, premiscelate, reoplastiche[4], colabili, a ritiro compensato, fibrorinforzate** con fibre rigide in acciaio a basso tenore di carbonio, con rapporto d'aspetto l/d pari a 50, aventi lunghezza pari a 30 mm, di forma tipo a "greca", aventi resistenza a trazione > 1.200 MPa, presenti nella malta in quantità > 7,5 % in peso sulla malta secca.

D) **Malte cementizie, premiscelate, reoplastiche**, colabili, a ritiro compensato, contenenti fibre sintetiche poliacriliche.

E) **Malte cementizie polimero modificate, premiscelate, tissotropiche**, contenenti fibre sintetiche poliacriliche:
tipo E1: a basso modulo elastico (≤ 16.000 MPa);
tipo E2: a modulo elastico normale (tra 20.000 e 23.000 MPa).

F) **Malte di resina premiscelate:** malte tissotropiche F1, malte colabili F2 e boiacche a bassissima viscosità F3.
(Le malte F1 sono adatte per l'incollaggio al calcestruzzo d'elementi metallici o di profilati sintetici e per l'incollaggio d'elementi in calcestruzzo; le malte F2 per inghisaggi di barre d'armatura; le malte F3 sono adatte alla saldatura per iniezione di fessure).

G) **Betoncini** cementizi, reoplastici, colabili, a ritiro compensato, fibrorinforzati con fibre rigide in acciaio a basso tenore di carbonio; ottenuti aggiungendo alla malta di cui al precedente punto C) aggregati selezionati (nella misura del 35% sul peso totale della miscela secca, malta più aggregato), non gelivi, non soggetti a reazione alcali-aggregato, lavati, d'idonea curva granulometrica, di diametro minimo pari a 5 mm, di diametro massimo in funzione dello spessore del getto e comunque non superiore a 12 mm.

H) **Betoncini** cementizi premiscelati, reoplastici, colabili, a ritiro compensato, contenenti fibre sintetiche poliacriliche.

I) **Calcestruzzi di cemento reoplastici** a ritiro compensato, ottenuti utilizzando come legante uno speciale cemento espansivo in luogo dei normali cementi e miscelando ad esso acqua ed aggregati; aventi classe di resistenza ≥ 40/50 MPa, basso rapporto a/c, consistenza S4-S5, assenza di bleeding, elevata pompabilità.

L) **Boiacche a ritiro compensato**, ad elevata fluidità, prive di bleeding ottenute utilizzando uno speciale legante cementizio espansivo, adatte per l'intasamento di guaine di precompressione degradate.

4.16.bis.2. Requisiti dei materiali

Nelle successive tabelle 4.16.bis.2a e 4.16.bis.2b sono riportati i requisiti ed i corrispondenti metodi di prova rispettivamente per i materiali cementizi a ritiro compensato, per le malte cementizie polimero modificate, per le boiacche e malte di resina.

Tabella 4.16.bis.2a - Requisiti e metodi di prova per materiali cementizi a ritiro compensato e per malte polimero modificate

Requisiti	Metodi di prova
Spandimento (*)	UNI 7044
Espansione contrastata (**)	UNI 8147 (***)
Espansione contrastata con stagionatura all'aria (**) (****)	UNI 8147 modificata
Aderenza al calcestruzzo	Metodo Autostrade
Aderenza ai ferri d'armatura	RILEM-CEB-FIP RC6-78
Resistenza a compressione	UNI EN 196/1

[1] Si intendono a ritiro compensato malte, betoncini e calcestruzzi che compensano il ritiro igrometrico con una opportuna reazione espansiva nella fase iniziale dell'indurimento.

[2] L'inossidabilità è dovuta alla particolare formulazione a base di cromo, ed è stata valutata su provini di malta sottoposti ad un bagno di soluzione salina (NaCl e $MgSO_4$) per la durata di 12 mesi.

[3] Le fibre sintetiche poliacriliche dovranno essere presenti in quantità > 0,08% in peso sulla malta secca ed avere diametro di 16 μm e lunghezza di 8 mm.

[4] Si definiscono reoplastici malte, betoncini e calcestruzzi che pur essendo autolivellanti sono molto coesivi cioè privi di segregazione e bleeding.

Resistenza a flessione	UNI EN 196/1
Modulo elastico statico	UNI 6556
Permeabilità all'acqua	Metodo Arredi
Resistenza cicli di gelo-disgelo	EN 104-840-3
Permeabilità allo ione Cl^-	Metodo TEL
Resistenza ai solfati	ASTM C-88
Spessore carbonatato in 10 anni	UNI 9944

(*) Per boiacche da iniezione tipo L si misura la fluidità al cono di Marsh modificato che deve essere compresa tra 15 e 25 secondi;
(**) Requisito non richiesto per malte cementizie polimero modificate;
(***) Per betoncini e calcestruzzi UNI 8148;
(****) Requisito richiesto solo per materiali tipo B

Tabella 4.16.bis.2b - Requisiti e metodi di prova per boiacche e malte di resina

Requisiti	Metodi di prova
Aderenza al calcestruzzo, MPa	ASTM D 4541
Aderenza all'acciaio, MPa	ASTM D 4541
Pull out, MPa	RILEM-CEB-FIP-RC6-78
Resistenza a compressione, MPa	UNI EN 196/1*
Resistenza a flessione, MPa	UNI EN 196/1*
Modulo elastico statico, MPa	RILEM-PC8-TC 113-CPT-95
Viscosità, centipoise**	BROOKFIELD ISO 2555

* la prova è eseguita senza la stagionatura dei provini
** richiesta solo per le resine per iniezione

4.16.bis.3. Accettazione e specifiche prestazionali dei materiali per interventi di ripristino/adeguamento

L'Impresa, prima dell'inizio dei lavori, dovrà fornire alla Direzione Lavori la documentazione tecnica per la qualifica dei materiali che intende impiegare, dimostrando la piena rispondenza di questi requisiti ed alle prestazioni richieste. La Direzione Lavori in tempo utile rispetto al programma lavori esprimerà il suo parere, potendo comunque prescrivere, a spese dell'Impresa, l'esecuzione di prove su campioni di materiali prelevati in contraddittorio, indicando il laboratorio presso il quale effettuare le prove. Saranno altresì richieste, con le stesse modalità, verifiche su campioni di materiale di normale fornitura e dichiarazioni che attestino le prestazioni specifiche della partite di materiale, che sono consegnate di volta in volta dalle Società Produttrici. Nelle successive tabelle sono indicate le prestazioni minime richieste per i singoli tipi di materiale, salvo migliori caratteristiche definite nel progetto.

Tabella 4.16.bis.3a - Prestazioni richieste per i materiali cementizi a ritiro compensato

REQUISITI	PRESTAZIONI DEI MATERIALI							
	A	B	C	D	G	H	I	L
Spandimento, %	> 70	>70	> 90	> 170	≥180*	≥200*	≥200*	**
Espansione contrastata, %	≥0,04	≥0,05	≥0,04	≥0,04	≥0,03	≥0,04	≥0,03	≥0,04
Espansione contrastata con stagionatura all'aria, %	N.R.***	≥0,03	N.R.***	N.R.***	N.R.***	N.R.***	N.R.***	N.R.***
Aderenza al calcestruzzo, MPa	≥ 4	≥ 4	≥ 4	≥ 4	≥ 3	≥ 4	≥ 2,5	≥ 4
Aderenza ai ferri d'armatura, MPa	≥ 20	≥ 20	≥ 20	≥20	≥ 20	≥ 20	≥ 20	≥ 20
Resistenza a compressione cubica, MPa								
1 d	≥ 25	≥ 23	≥ 30	≥ 28	≥ 30	≥ 30	≥ 20	≥ 20
3 d	≥ 35	≥ 30	≥ 40	≥ 35	≥ 40	≥ 40	≥ 30	≥ 30
28 d	≥ 60	≥ 60	≥ 75	≥ 70	≥ 70	≥ 70	≥ 50	≥ 55
Resistenza a flessione, MPa								
1 d	≥ 8	≥ 4	≥ 10	≥ 4	≥ 8,5	≥ 5	≥ 2	≥ 5

3 d 28 d	≥ 9 ≥ 11	≥ 6 ≥ 8	≥ 12 ≥ 16	≥ 6 ≥ 8	≥ 9 ≥ 13	≥ 6 ≥ 8	≥ 3 ≥ 5	≥ 6 ≥ 7,5
Modulo elastico statico, MPa	≥23,000	≥25,000	≥25,000	≥25,000	≥25,000	≥25,000	≥25,000	≥25,000
Permeabilità all'acqua, m/s	$<10^{-12}$	$<10^{-12}$	$<10^{-12}$	$<10^{-12}$	$<10^{-12}$	$<10^{-12}$	$<10^{-12}$	$<10^{-12}$
Resistenza cicli di gelo-disgelo, numero di cicli	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50
Permeabilità allo ione Cl^-, m^2/s	$<1 \cdot 10^{-12}$	$<1 \cdot 10^{-12}$	$<1 \cdot 10^{-12}$	$<1 \cdot 10^{-12}$	$<1 \cdot 10^{-12}$	$<1 \cdot 10^{-12}$	$<1 \cdot 10^{-12}$	$<1 \cdot 10^{-12}$
Resistenza ai solfati, numero di cicli	> 7	> 7	> 7	> 7	> 7	> 7	> 7	> 7
Spessore carbonatato in 10 anni	< 2 mm	< 2 mm	< 2 mm	< 2 mm	< 2 mm	< 2 mm	< 2 mm	< 2 mm

* Per betoncini e calcestruzzi si valuta la consistenza misurando l'abbassamento in mm secondo la prova del cono d'Abrams

** Per le boiacche da iniezione si misura la fluidità al cono di Marsh modificato che deve essere compresa tra 15 e 25 secondi.

*** N.R. prestazione non richiesta

Tabella 4.16.bis.3b - Prestazioni per le malte cementizie polimero modificate

REQUISITI	PRESTAZIONI DEI MATERIALI	
	E 1	E 2
Spandimento, %	≥ 90	≥ 90
Aderenza al calcestruzzo, MPa	≥ 4	≥ 5
Aderenza ai ferri d'armatura, MPa	≥ 10	≥ 11
Resistenza a compressione cubica, MPa 1 d 3 d 28 d	 ≥ 10 ≥ 18 ≥ 35	 ≥ 13 ≥ 23 ≥ 50
Resistenza a flessione, MPa 1 d 3 d 28 d	 ≥ 3 ≥ 4 ≥ 6	 ≥ 3 ≥ 5 ≥ 10
Modulo elastico statico, MPa	≤ 16.000	20.000-23.000
Permeabilità all'acqua, m/s	$< 10^{-12}$	$< 10^{-10}$
Resistenza cicli gelo-disgelo, numero di cicli	> 50	> 50
Permeabilità allo ione Cl^-, m^2/s	$< 1x10^{-12}$	$< 5x10^{-12}$
Resistenza ai solfati, numero di cicli	> 7	> 7
Spessore carbonatato in 10 anni	< 2 mm	< 2 mm

Tabella 4.16.bis.3c - Prestazioni per malte di resina

REQUISITI	PRESTAZIONI DEI MATERIALI		
	F 1	F 2	F 3
Aderenza al calcestruzzo, MPa * a 28 d	≥3,5	≥3,5	≥3,5
Aderenza all'acciaio, MPa *	≥3,5	///	///
Pull out, MPa	≥20	≥20	≥20
Resistenza a compressione cubica, MPa 1 d 7 d	 ≥50 ≥70	 ≥50 ≥80	 ≥50 ≥90
Resistenza a flessione, MPa 1 d 7 d	 ≥15 ≥30	 ≥15 ≥45	 ≥15 ≥55
Modulo elastico statico, MPa	8.000-9.000	14.000-16.000	4.000-5.000
Viscosità, centipoise	N.R. **	N.R. **	500-600

* In caso d'applicazione su supporti umidi si accettano valori d'aderenza ≥ a 3 MPa

** N.R. prestazione non richiesta

4.16.bis.4.Trattamenti prima del ripristino/adeguamento e fasi esecutive

La tecnica d'intervento può essere sintetizzata nelle seguenti fasi:

- Asportazione del calcestruzzo degradato;
- Pulizia delle armature eventualmente scoperte;
- Posizionamento delle eventuali armature aggiuntive;
- Posizionamento dell'eventuale rete elettrosaldata di contrasto;
- Pulizia e saturazione della superficie di supporto;
- Applicazione del materiale di ripristino;
- Frattazzatura;
- Stagionatura.

Le fasi esecutive in funzione del tipo di materiale utilizzato sono indicate nella tabella 19.4.0 e descritte nei punti successivi.

Tabella 4.16.bis.4.0 - Fasi esecutive in funzione del tipo di materiale di ripristino

MATERIALI **FASI ESECUTIVE**	Malte, Betoncini, calcestruzzi a ritiro compensato **tipo B-D-H-I (senza fibre metalliche)**	Malte e Betoncini a ritiro compensato fibrorinforzati **tipo A-C-G (con fibre metalliche)**	Malte cementizie polimero modificate **tipo E1-E2**	Malte di resina **tipo F1-F2-F3**
Asportazione del calcestruzzo degradato	Idrodemolizione oppure scalpellatura meccanica	Idrodemolizione oppure scalpellatura meccanica	Scalpellatura meccanica (E2) sabbiatura o idrosabbiatura (E1)	Sabbiatura
Pulizia delle armature	Sabbiatura	Sabbiatura	Sabbiatura	Sabbiatura
Posizionamento delle armature aggiuntive	•	•	•	•
Posizionamento della rete di contrasto	••	N.R.	N.R.	N.R.
Pulizia della superficie di supporto	Acqua in pressione	Acqua in pressione	Soffio d'aria compressa, oppure acqua in pressione solo per le malte da miscelare con acqua	Soffio d'aria compressa, oppure acqua in pressione solo per le malte da miscelare con acqua
Saturazione della superficie di supporto	Acqua o vapore in pressione	Acqua o vapore in pressione	Acqua in pressione solo per le malte da miscelare con acqua	N.R.
Applicazione del materiale di ripristino	Spruzzo/Rinzaffo oppure Colaggio/Getto	Spruzzo/Rinzaffo oppure Colaggio/Getto	Spruzzo/Rinzaffo (E2) Spruzzo/Spatola (E1)	Spatolatura oppure colaggio o iniezione
Frattazzatura	•••	•••	•••	N.R.
Stagionatura	Prodotti antievaporanti o acqua nebulizzata o teli in plastica. Quando si devono applicare rivestimenti protettivi o trattamenti d'impermeabilizzazione si devono utilizzare prodotti antievaporanti che, dopo pochi giorni dall'applicazione, si polverizzino e siano di facile asportazione mediante lavaggio con acqua in pressione. L'adozione dei teli di plastica è limitata ai casi di protezione dei getti in climi particolarmente rigidi.	Prodotti antievaporanti, o acqua nebulizzata o teli in plastica. Quando si devono applicare rivestimenti protettivi o trattamenti d'impermeabilizzazione si devono utilizzare prodotti antievaporanti che, dopo pochi giorni dall'applicazione, si polverizzino e siano di facile asportazione mediante lavaggio con acqua in pressione. L'adozione dei teli di plastica è limitata ai casi di protezione dei getti in climi particolarmente rigidi.	Prodotti antievaporanti, o acqua nebulizzata solo per le malte da miscelare con acqua	N.R.

N.R. Fase esecutiva non richiesta

• Se previsto in progetto
•• Se richiesto dal tipo di prodotto
••• Questa operazione è importante, oltre che per ottenere una buona rifinitura, anche perché contribuisce ad evitare la formazione di fessure da ritiro plastico

4.16.bis.4.1. Asportazione del calcestruzzo degradato

Per i materiali cementizi a ritiro compensato l'asportazione del calcestruzzo incoerente o degradato avverrà mediante idrodemolizione o scalpellatura meccanica eseguita mediante demolitori leggeri alimentati ad aria compressa, adottando tutte le precauzioni necessarie ad evitare il danneggiamento delle strutture superstiti. Nel caso d'idrodemolizione dovranno avere pressione del getto d'acqua di 120-150 MPa e portata compresa tra 100 e 300 l/min.

Tali macchine dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione Lavori ed essere corredate di sistemi di preregolazione con comando a distanza e di sistemi sicurezza e protezione, che consentano il corretto funzionamento anche in presenza di traffico, nonché il controllo delle acque di scarico, la qualità delle quali dovrà essere conforme ai limiti della tabella "A" della legge 319/76.

La superficie del calcestruzzo di supporto dovrà risultare macroscopicamente ruvida (asperità di circa 5 mm di profondità) allo scopo di ottenere la massima aderenza tra il nuovo ed il vecchio materiale.

Tale macro ruvidità è indispensabile affinché si realizzi il meccanismo dell'espansione contrastata[5] che è alla base del funzionamento dei materiali a ritiro compensato (tipo A-B-C-D-G-H-I).

Per le malte cementizie polimero modificate (E) e per le malte di resina (F) la preparazione del supporto sarà effettuata mediante sabbiatura o idrosabbiatura tenuto conto dello spessore di calcestruzzo da asportare, non essendo necessaria la macrorugosità del supporto in quanto l'aderenza tra vecchio e nuovo è garantita mediante l'azione collante della resina e non mediante il meccanismo dell'espansione contrastata.

4.16.bis.4.2. Trattamento ferri d'armatura

I ferri d'armatura del cemento armato messi a nudo in fase d'asportazione del conglomerato cementizio ammalorato dovranno essere portati a metallo quasi bianco mediante sabbiatura.

Quando il ripristino è realizzato con malte o betoncini a ritiro compensato generalmente non è opportuno l'impiego sull'armatura di prodotti inibitori di corrosione, salvo diverse motivate prescrizioni di progetto.

4.16.bis.4.3. Posizionamento d'armature aggiuntive

Qualora sia necessario aggiungere delle armature, queste saranno poste in opera prima della pulizia della superficie di supporto e del posizionamento dell'eventuale rete elettrosaldata di contrasto.

Dovrà essere garantito un copriferro di almeno 20 mm.

4.16.bis.4.4. Posizionamento della rete elettrosaldata di contrasto

Quando si richiede l'utilizzo di rete di contrasto, questa dovrà essere ben ancorata al supporto; lo spessore minimo d'intervento non potrà essere inferiore a 35-40 mm, infatti la rete dovrà avere un copriferro di almeno 20 mm e dovrà essere distaccata dal supporto di almeno 10 mm mediante l'uso di distanziatori.

Nel caso sia previsto nel progetto l'utilizzo di rete elettrosaldata in barre d'acciaio inossidabile, questa dovrà avere le caratteristiche precisate in progetto.

[5] Se i conglomerati a ritiro compensato venissero applicati in assenza di contrasto (ruvidità del supporto, confinamento, armatura per gli spessori > 20 mm), sarebbero destinati inevitabilmente a perdere aderenza con il supporto durante l'espansione iniziale ed ad avere fessure da ritiro igrometrico.

4.16.bis.4.5. Preparazione delle superfici da ripristinare

Per avere la certezza che il supporto sia pulito al momento dell'applicazione occorre effettuare la pulizia immediatamente prima dell'applicazione del materiale, dopo che tutte le altre operazioni di preparazione siano state ultimate.

Si dovranno pertanto asportare con i mezzi più opportuni le polveri e le parti incoerenti in fase di distacco eventualmente ancora presenti dopo l'asportazione meccanica del calcestruzzo, l'ossido eventualmente presente sui ferri d'armatura, le impurità, le tracce di grassi, oli e sali aggressivi, ottenendo così una superficie composta da un conglomerato cementizio sano, pulito e compatto.

Per l'applicazione di materiali cementizi a ritiro compensato, occorre effettuare la pulizia della superficie di supporto mediante lavaggio con acqua in pressione (80-100 MPa e acqua calda nel periodo invernale).

L'operazione di pulizia con acqua in pressione, se eseguita immediatamente prima dell'applicazione del materiale, consente anche la saturazione del calcestruzzo, comunque necessaria per una corretta applicazione dei materiali a ritiro compensato (A, B, C, D, G, H, I). Per l'applicazione di malte cementizie polimero modificate e di malte di resina epossidica, la pulizia della superficie di supporto potrà essere effettuata mediante getto d'aria compressa, o d'acqua in pressione nel solo caso di malte che devono essere miscelate con acqua.

4.16.bis.4.6. Messa in opera delle miscele di ripristino

4.16.bis.4.6.1. Uso di malte e betoncini premiscelati a ritiro compensato

Le miscele a ritiro compensato sono fornite già premiscelate a secco; dovranno essere impastate in idonei miscelatori con il minimo quantitativo d'acqua[6] indicato dalla casa produttrice; saranno mescolate fino ad ottenere un impasto ben amalgamato e privo di grumi per almeno 4 o 5 min, aggiungendo eventualmente altra acqua qualora l'impasto non si presentasse di consistenza plastica[7] e comunque senza superare mai i quantitativi massimi d'acqua indicati dalla stessa casa produttrice, per evitare fenomeni di bleeding e di separazione, oltre alla diminuzione di tutte le prestazioni; nel caso di malte tipo B si aggiungerà il ritentore d'umidità.

Non è consentita la miscelazione a mano poiché questa generalmente comporta un eccesso d'acqua nell'impasto. Per miscelare piccoli quantitativi dovrà essere impiegato un normale trapano con mescolatore a frusta.

Nel caso di malte e betoncini fibrorinforzati, le fibre saranno preconfezionate in pacchetti legati con colle idrosolubili o con altri sistemi che permettono la loro omogenea distribuzione nell'impasto.

La temperatura ottimale d'impiego delle malte reoplastiche è di circa 293 K; sono tuttavia accettabili temperature comprese tra 283 e 308 K.

Al di fuori di tale intervallo, l'applicazione del prodotto potrà avvenire solo su autorizzazione della Direzione Lavori; a tal proposito si rammenta che nel caso in cui la temperatura dell'ambiente sia molto bassa (278÷283 K), lo sviluppo delle resistenze meccaniche è più lento.

Qualora si richieda ugualmente un'elevata resistenza meccanica alle brevi stagionature, si devono adottare i seguenti provvedimenti:

a) conservare il prodotto in ambiente riparato dal freddo;
b) impiegare acqua calda (308÷323 K) per l'impasto;
c) iniziare i getti nella mattinata;
d) proteggere dall'ambiente freddo il getto coprendolo con teli impermeabili.

Se la temperatura dell'ambiente è molto elevata (303 K) l'unico problema esistente è la perdita di lavorabilità.

Qualora la perdita di lavorabilità sia eccessiva in relazione allo specifico tipo d'impiego, si consiglia di adottare i seguenti provvedimenti:

a) conservare il prodotto in luogo fresco;
b) impiegare acqua fresca, eventualmente raffreddata con ghiaccio tritato;
c) preparare la malta nelle ore meno calde della giornata;

[6] Sono ammesse come acqua di impasto per i conglomerati cementizi l'acqua potabile e le acque naturali rispondenti ai requisiti di seguito riportati. Sono escluse le acque provenienti da scarichi (industriali ecc.). L'acqua di impasto dovrà avere un contenuto di sali disciolti inferiore ad 1g per litro. Il contenuto di ione cloruro nell'acqua dovrà tener conto dei limiti previsti dalla Norma UNI 8981 parte 5 e successivi aggiornamenti. La quantità di materiale inorganico in sospensione dovrà essere inferiore a 2 g/l; la quantità di sostanze organiche (COD) inferiore a 0,1 g/l.

[7] Nel caso di interventi che richiedano la realizzazione di superfici in pendenza (estradossi solette o cordoli) quando si applichino materiali del tipo C-D-G-H-I si dovranno utilizzare classi di consistenza S2-S3

d) nei climi asciutti e ventilati si raccomanda di porre particolare attenzione alla stagionatura.

Le malte dovranno essere messe in opera senza casseforme quando lo spessore del ripristino non superi in generale i 5 cm o quando ciò è espressamente previsto in progetto. Nel caso d'impiego di casseforme, ove richiesto, si eviteranno quelle di legno per la loro porosità.

4.16.bis.4.6.2. Uso di malte cementizie polimero modificate

Le malte cementizie polimero modificate predosate a due componenti sono generalmente fornite complete di parte liquida e polvere che vanno miscelati fra di loro all'atto dell'impiego senza aggiungere acqua od altri ingredienti, escludendo quindi la possibilità d'errori sul cantiere con assoluta certezza e costanza dei risultati.

La miscelazione dei due componenti dovrà essere protratta sino ad ottenere un impasto ben amalgamato, privo di grumi.

Possono essere anche utilizzate malte monocomponenti in cui la miscelazione avviene aggiungendo acqua con modalità simili a quelle descritte per i materiali a ritiro compensato.

La temperatura ottimale d'impiego per le malte cementizie polimero modificate è di 293 K, tuttavia sono accettabili temperature comprese tra 278 e 313 K.

Fuori da tali intervalli l'applicazione del prodotto potrà avvenire solo su autorizzazione della Direzione Lavori e con l'adozione di particolari accorgimenti indicati dal produttore.

La malta sarà applicata a strati successivi, nello spessore indicato dalle schede tecniche della casa produttrice, direttamente con rinzaffo a cazzuola o con idonea attrezzatura a spruzzo, oppure con fratazzo metallico esercitando una buona pressione e compattazione sul sottofondo.

La rifinitura superficiale potrà essere ottenuta con fratazzo di spugna da passare alcuni minuti dopo l'applicazione, oppure con lisciatura a spatola metallica o dorso di cazzuola.

4.16.bis.4.6.3. Uso di malte di resina epossidica

Le applicazioni dovranno essere fatte su supporto precedentemente preparato mediante sabbiatura e quindi ben pulito e privo di tracce di solventi e di disarmanti.

In via preliminare sarà richiesta l'applicazione di una mano d'attacco compatibile con fondi umidi e con la malta di ripristino, costituita da una sottile pellicola di resina pura, messa in opera mediante l'uso di pennelli e spazzole, alla quali si aggiungerà, a giudizio della Direzione Lavori, un'ulteriore strato di 2÷3 mm della stessa resina mista a filler.

Quando questa seconda mano avrà raggiunto consistenza plastica, si potrà mettere in opera la malta di resina epossidica.

Si introdurranno resina ed aggregati nel miscelatore e si mescolerà fino ad ottenere un impasto omogeneo.

Si dovrà tener presente l'influenza della temperatura e dello stato fisico del prodotto perché ciascuna resina epossidica ha una temperatura minima d'utilizzazione, indicata dalle case produttrici, che in genere si aggira intorno ai 278 K al di sotto della quale la polimerizzazione avviene lentamente ed in modo incompleto.

La miscelazione dei due componenti dovrà essere fatta solo meccanicamente con strumenti a lenta velocità di rotazione, al fine di evitare ogni inclusione d'aria.

Prima di mettere in opera l'impasto lo si lascerà maturare per evitare che le sue caratteristiche meccaniche decadano in seguito ad un possibile principio di separazione di fase che si manifesta con marezzature della superficie.

Potranno anche essere accettati, a giudizio della Direzione Lavori, prodotti premiscelati, per esempio di resina ed aggregati, a cui è sufficiente aggiungere il solo induritore.

Si eviterà in ogni modo che rimangano granuli di resina pura nella malta e di conseguenza si sconsiglia l'uso di comuni betoniere da conglomerato cementizio; indicativamente un miscelatore con tazza mobile ruotante nel senso inverso a quello delle pale dovrebbe consentire una più intima adesione fra la resina e gli aggregati.

Questi ultimi saranno preferibilmente costituiti da sabbia calcarea di granulometria continua, asciutta e conservata al riparo dall'acqua; la sabbia calcarea è preferibile alla silicea per questi lavori in quanto conferisce alla malta un coefficiente di dilatazione termica più vicino a quello del conglomerato cementizio tradizionale.

La pezzatura massima degli aggregati sarà proporzionale alla dimensione del ripristino, in ogni caso non supererà i 5 mm.
La messa in opera avverrà con spatole entro il tempo di pot-life e si avrà cura di evitare ogni vibrazione del materiale una volta posto in opera.

4.16.bis.4.6.4. Uso di conglomerati cementizi reoplastici a stabilità volumetrica e ritiro compensato

Il conglomerato cementizio a stabilità volumetrica e ritiro compensato è ottenuto miscelando in un normale mescolatore aggregati da conglomerato cementizio con uno speciale legante reoplastico a ritiro compensato in luogo del normale cemento.
Si ottengono in tal modo conglomerati cementizi ad elevata resistenza meccanica sino dalle fasi iniziali, a ritiro compensato, molto fluidi e non segregabili con un basso rapporto acqua/legante.
È necessario che siano messi in opera entro 90 minuti dal loro confezionamento.

4.16.bis.4.7. Frattazzatura

Dopo l'applicazione delle malte o dei betoncini, la superficie dovrà essere lisciata mediante frattazzatura. Tale operazione dovrà essere eseguita con molta cura per i materiali che sono miscelati con acqua; infatti una corretta frattazzatura è indispensabile per contrastare efficacemente la formazione di microfessure, derivanti dal ritiro plastico.
Per diminuire questo rischio tutte le malte che sono applicate a spruzzo od a rinzaffo devono essere provviste di fibre sintetiche poliacriliche.
La frattazzatura dovrà eseguirsi dopo un certo tempo dall'applicazione in funzione delle condizioni climatiche.
L'intervallo di tempo tra l'applicazione a spruzzo e la finitura con frattazzo è stabilito in funzione del primo irrigidimento della malta che si determina quando, appoggiando una mano sulla superficie, le dita non affondano ma lasciano una leggera impronta sull'intonaco.

4.16.bis.4.8. Stagionatura

Una corretta stagionatura è fondamentale per evitare la formazione di fessure dovute all'immediata evaporazione di parte dell'acqua d'impasto sotto l'azione del sole e del vento.
Le malte tissotropiche (A, B ed E) non richiedono stagionatura umida se non in condizioni termoigrometriche particolarmente severe (venti secchi).
È invece assolutamente necessario mantenere umide per alcune ore, dopo il getto, le superfici esposte all'aria dei conglomerati a ritiro compensato colabili (C, D, G, H ed I), impiegando acqua nebulizzata oppure prodotti antievaporanti da applicarsi a spruzzo subito dopo terminata l'operazione di messa in opera.
La copertura con il curing sarà tanto più rapida quanto più caldo e secco è il clima (il curing potrà essere evitato se si usano malte con microfibre di poliacriliche).
Non sarà consentito l'impiego di fogli di polietilene trasparente per impedire l'evaporazione dell'acqua in quanto questi ultimi ostacolano la dispersione del calore d'idratazione che può provocare fessure per dilatazione termica.
Circa il tipo di prodotto di curing, per la maturazione dei getti si dovrà tenere conto del fatto se la superficie debba o no ricevere ulteriori getti di finitura o di proseguimento dei lavori.
In tal caso si dovrà verificare che il materiale da applicare sulla pellicola dell'agente di curing indurito sia in grado di aderirvi.
Nel caso di successive applicazioni di rivestimenti protettivi o di trattamenti d'impermeabilizzazione, dovranno essere utilizzati prodotti antievaporanti che, dopo pochi giorni dall'applicazione, si polverizzino e siano di facile asportazione mediante lavaggio con acqua in pressione.
L'eventuale protezione delle strutture ripristinate potrà essere eseguita dopo la maturazione del materiale d'apporto (indicativamente 14 d dall'esecuzione dei ripristini stessi e comunque in funzione delle condizioni ambientali).

4.16.bis.5 Prove e controlli

Come già indicato nel punto 4.16.bis.3 i materiali destinati al ripristino/adeguamento delle strutture, per la loro accettazione, dovranno essere sottoposti a prove prima dell'impiego e dovranno attenersi alle specifiche prestazionali.
In caso contrario dovranno essere sostituiti.
Comunque in corso d'opera le prove dovranno essere ripetute con la frequenza ritenuta necessaria dalla Direzione Lavori.

Qualora dalle prove risultassero valori inferiori di non più del 10% rispetto a quelli indicati nelle tabelle 4.16.bis.3a, 4.16.bis.3b e 4.16.bis.3c o previsti in progetto, la Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista, effettuerà una verifica della sicurezza statica dell'elemento strutturale in fase di ripristino/adeguamento.

Nel caso che tale verifica dia esito positivo il materiale sarà accettato ma sarà applicata una penale.

Qualora i valori risultassero minori di oltre il 10% rispetto a quelli richiesti e nel caso in cui sussistano contemporaneamente più difetti, qualunque siano i valori di scostamento riscontrati rispetto alle previsioni progettuali, l'Impresa sarà tenuta a sua totale cura e spese alla rimozione dei materiali già posti in opera ed al loro ripristino.

Le superfici ripristinate dovranno essere controllate a campione mediante bagnatura (almeno il 5% per superfici estese e almeno 10% per superfici limitate), per ogni elemento strutturale, per verificare l'eventuale presenza di microfessure.

In caso si evidenziassero microfessure occorrerà estendere il controllo all'intera superficie riparata per la quale, se l'incidenza dell'area fessurata risulterà inferiore al 20% dell'area totale d'intervento, sarà applicata una penale; se superiore, l'Impresa dovrà procedere, a sua cura e spese, alla rasatura (tale intervento avrà in genere uno spessore medio di 3 mm; sarà realizzato utilizzando una malta cementizia polimero modificata premiscelata, tissotropica del tipo E1, previa preparazione del supporto mediante sabbiatura o idrosabbiatura, la malta dovrà essere applicata preferibilmente a spruzzo con intonacatrice, l'applicazione con spatola è consentita per interventi d'estensione limitata) e alla protezione con filmogeni, di tipologia da concordare con la Direzione Lavori, in accordo con il Progettista.

La verifica d'ottenimento dell'adesione in opera si otterrà con il controllo al martello, con campionamento secondo il criterio indicato per le microfessure.

In caso si evidenziassero superfici risonanti, occorrerà estendere il controllo all'intera superficie riparata e l'Impresa dovrà procedere, a sua cura e spese, all'asportazione ed al rifacimento delle superfici risultate non idonee.

4.17. SISTEMI PROTETTIVI PER STRUTTURE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

4.17.1. Verniciature

Rivestimento protettivo delle strutture in conglomerato cementizio mediante vernice monocomponente a base di resine metacriliche in solvente organico avente le caratteristiche specificate di seguito ed applicata attraverso un ciclo di tre mani stese con pennello, con rullo o, qualora espressamente autorizzato dalla D.L., mediante airless:

- una prima mano di primer a bassa viscosità per un consumo minimo di 150 gr/m2, seguita da altre due mani di vernice per un consumo minimo totale (per tali due mani) di 500 gr/m2;
- lo spessore di film secco applicato non dovrà mai risultare in nessun punto inferiore ai 200 micron.
- Compreso il trattamento preventivo delle superfici da proteggere da eseguirsi a mezzo di sabbiatrice ad alta pressione (>= 12 Atm) con solo sabbia silicea o con idrosabbiatrice operante con un impasto di acqua e sabbia fino a pressione max di 400 Atm.

4.17.1.1 NORME TECNICHE

Caratteristiche tecniche:

- peso specifico del prodotto tal quale (determinato secondo ASTM D1475):

1,2-1,3 gr/cm3

- peso specifico medio del contenuto solido primer più tinta (determinato secondo ASTM D1963): 1,5-1,6 gr/cm3

- contenuto solido del residuo secco (determinato secondo ASTM D1644):

>= 60% ± 5%

- viscosità media del primer (determinata secondo ASTM D2196): <= 180 cP

- viscosità media della vernice (determinata secondo ASTM D2196):

<= 2000 cP

- permeabilità al vapore d'acqua (determinata secondo DIN 52615) eseguita su uno spessore di 100 micron "μ_{vapore}": <= $1,4*10^4$

- adesione al calcestruzzo (determinata mediante Adhesion Tester):

>= 3 N/mm2

Nelle prove di laboratorio i supporti saranno costituiti da travetti 4x4x16 cm di calcestruzzo di cemento dosato a 500 kg/mc - Dmax 20 mm curva di

fuller; A/C 0,45 - 0,50.

Se il distacco nella prova di trazione avviene per rottura del calcestruzzo, cioè la forza di adesione del rivestimento risulta superiore alla forza di coesione dello strato superficiale del calcestruzzo stesso, la prova sarà ritenuta ugualmente valida.

- resistenza all'abrasione (determinata mediante "taber abraster", con mola tipo CS 10):

dopo 1000 giri con carico di 1 kg<= 150 mg

- permeabilità allo ione cloro (determinata mediante il metodo Tel): <= 2,5 gr/m2 per 24 ore

- resistenza all'irraggiamento UV (determinata mediante ASTM G53)

elevata

n° 20 cicli

4 ore UV +60° C

4 ore condensa +40° C

Valutazione finale d'aspetto e prova di adesione al cls (ASTM D4541) senza significative variazioni rispetto ai campioni non sottoposti alla prova.

- impermeabilità all'acqua (determinata mediante UNI EN 1928):

nessuna permeazione a 60 Kpa per 24 ore

nessuna permeazione a 500 Kpa per 6 ore

- resistenza agli agenti atmosferici.

Il rivestimento applicato secondo le modalità prescritte dalla casa produttrice su un supporto in calcestruzzo, del tipo specificato in precedenza, verrà sottoposto ad invecchiamento artificiale.

Dopo l'esposizione il rivestimento non dovrà presentare formazione di microfessure, sfarinamento o affioramento di pigmenti o cariche. Per l'invecchiamento artificiale è previsto un ciclo della seguente composizione:

Agente aggressivo	Durata	Temperatura
Radiazione ultravioletta	40 H	60 C
Immersione in soluzione satura di CaCl2 e CaSo4 al 0,2%	80 H	10 C
Gelo (dopo lavaggio in acqua per eliminare il CaCl2)	80 H	-15 C
Radiazione ultravioletta	40 H	60 C
Camera all'ozono	40 H	25 C
Gelo	40 H	15 C
Radiazione ultravioletta	40 H	60 C
Immersione in soluzione satura di CaCl2 e CaSo4 al 0,2%	80 H	10 C

Dopo questo ciclo di invecchiamento artificiale, le caratteristiche tecniche della vernice sopra riportate potranno subire un peggioramento non superiore al 10%.

- permeabilità al biossido di carbonio $\mu CO_2 >= 1,1*10^6$

Descrizione del metodo di misurazione della resistenza alla diffusione verso il biossido di carbonio (CO2): è una grandezza priva di dimensione ed indica di quante volte il rivestimento considerato è più impermeabile verso il CO2 rispetto ad uno strato d'aria dello stesso spessore.

Dalle pellicole di vernice preparate saranno ritagliati dischi circolari con diametro mm 90. Applicando il metodo della colata a caldo e con impiego di uno speciale preparato di cera, questi provini verranno fissati su bacinelle di alluminio nelle quali prima è stato versato un granulato di amianto sodico come mezzo di assorbimento del CO2.

I provini così preparati verranno introdotti in un essiccatore dotato di agitatore d'aria, con la superficie del fondo ricoperta con pentossido di fosforo per un totale assorbimento dell'umidità. Attraverso il tubo laterale dell'essiccatore verrà introdotta una miscela di gas preventivamente messa a punto e composta per 9 parti di aria sintetica ed una parte di CO2.

L'introduzione di questa miscela di gas già essiccata sarà fatta mediante un tubo flessibile fino a toccare la superficie del fondo. Da una seconda apertura praticata al tubo laterale verrà estratto il gas usato.

In tale modo i film del rivestimento fissati sulle bacinelle di metallo leggero verranno a trovarsi in una caduta parziale di pressione per CO2 il cui gradiente si forma dalla differenza di concentrazione del CO2 e dallo spessore dei dischi di prova. La concentrazione di CO2 NELLA MISCELA GASSOSA introdotta ammonta a 1/10 parte volume, all'interno della bacinella di metallo leggero non è presente biossido di carbonio.

Ad intervalli di tempo stabiliti le bacinelle verranno tolte dall'essiccatore per breve tempo e pesate. Sulla base dell'incremento del peso può essere accertata la quantità di CO2 in fase di diffusione per unità di superficie e di tempo.

Con l'inserimento di questa densità quantitativa di flusso nell'equazione

$$u = \frac{DL|c|}{J_s s}$$

verrà calcolato il coefficiente di resistenza alla diffusione descritto all'inizio, essendo:

u = Coefficiente di resistenza alla diffusione (-)

DL = Coefficiente di diffusione nell'aria di CO2 (m2/s)

|c| = Valore della differenza di concentrazione del biossido di carbonio nell'aria (kg/m3)

J_s = Densità quantitativa del flusso di biossido di carbonio misurata (kg/m2.s)

s = Spessore dello strato di permeazione (m)

4.18. MURATURE

4.18.1. Norme generali

I tipi e gli spessori delle murature sono quelli indicati in progetto.

I laterizi, il pietrame ed i blocchetti in calcestruzzo dovranno essere bagnati all'atto dell'impiego fino a sufficiente saturazione.

Dovranno essere messi in opera in corsi regolari con commessure ben riempite di malta.

Prima di dare inizio alla esecuzione delle murature dovrà essere richiesto il benestare della Direzione Lavori sulla idoneità del piano d'appoggio.

Murature nelle quali dovesse riscontrarsi l'impiego di materiali scadenti o difetti d'esecuzione saranno rifiutate, restando a carico dell'Impresa l'onere per la demolizione e il successivo rifacimento.

Dovrà essere curato in ogni particolare l'esecuzione di spigoli, sguinci, spalle, mazzette, strombature, incassature, immorsature, canne, piattabande, pilastri, pilastrini, lesene, ecc..

Dovranno essere lasciati i necessari fori, tracce, incavi, canalizzazioni per il passaggio e l'installazione d'impianti d'ogni tipo e degli scarichi, per la posa in opera dei controtelai di norma in legno d'abete e degli infissi, per gli ancoraggi di strutture, per i rivestimenti e per quant'altro sia posto in opera dopo l'esecuzione delle murature.

Quanto sopra allo scopo di evitare lo scalpellamento o la demolizione anche parziale della muratura, il cui onere in ogni caso deve ritenersi a totale carico dell'Impresa.

L'Impresa dovrà adottare i provvedimenti ritenuti più opportuni per proteggere le murature dal gelo nel periodo invernale.

Le dosature dei materiali componenti le malte dovranno essere eseguite con mezzi capaci d'esatta misurazione che l'Impresa dovrà fornire e mantenere efficienti a sua cura e spese.

L'impasto dei materiali dovrà essere ottenuto con idonei mescolatori meccanici.

Gli impasti dovranno essere preparati solamente nelle quantità necessarie per l'impiego immediato. I residui impasti che non avessero, per qualsiasi ragione, immediato impiego, dovranno essere portati a rifiuto.

4.18.2. Murature di mattoni

I mattoni, all'atto dell'impiego dovranno essere abbondantemente bagnati per immersione sino a sufficiente saturazione.

Essi dovranno essere messi in opera a regola d'arte, con le commessure alternate in corsi regolari; saranno posati sopra uno strato di malta e premuti sopra di esso in modo che la malta rimonti all'ingiro e riempia tutte le commessure.

La larghezza delle commessure non dovrà essere maggiore di 1 cm, né minore di 0,5 cm.

Si dovrà iniziare e proseguire la costruzione in modo uniforme, onde assicurare collegamenti perfettamente addentellati e solide immorsature tra le varie parti, evitando la formazione di eccessive sporgenze.

La malta di allettamento avrà classe di resistenza a 28 d ≥ 28/35 MPa e sarà dosata con minimo 400 kg di cemento normale (32,5 o 32,5R di tipo III o di tipo IV) per metro cubo di sabbia ed avrà rapporto acqua cemento ≤ a 0,5 che l'Impresa dovrà garantire anche attraverso l'uso di additivi superfluidificanti non aeranti.

In presenza di climi freddi ovvero con temperature inferiori ai 278 K, l'Impresa farà costantemente uso di additivi antigelo ed acceleranti di presa esenti da cloruri del tipo approvato dalla Direzione Lavori, conformi a quanto previsto dalle norme UNI 7105 e 7109, dosati secondo i risultati delle prove e comunque non inferiori al 2% sul peso del legante.

La frequenza dei prelievi di malta sarà pari ad una serie di provini cubici di 10 cm di lato, per ogni giorno di produzione.

Per la muratura da eseguirsi a paramento a vista, si dovrà aver cura di scegliere, per le facce esterne, i mattoni di migliore cottura, a spigoli vivi, meglio formati, di colore uniforme, da disporre con perfetta regolarità di piani a ricorrenze ed alternando con precisione i giunti verticali. I laterizi dovranno essere conformi a quanto previsto nell'art. 2 delle presenti Norme.

4.18.3. Murature di laterizi pieni e forati, per fabbricati

I laterizi dovranno essere messi in opera a regola d'arte, legati con malta bastarda composta da 200 kg di calce idraulica, 200 kg di cemento normale e 1 m³ di sabbia, resistenza media a compressione ≥ 5 MPa, in corsi regolari con commessure di larghezza non superiore a 1 cm né inferiore a 0,5 cm.

Si dovrà iniziare e proseguire la costruzione in modo uniforme, onde assicurare collegamenti perfettamente addentellati e solide immorsature tra le varie parti, evitando la formazione di eccessive sporgenze.

Nel caso delle murature in laterizi forati, dovranno essere impiegati mattoni pieni per l'esecuzione di mazzette, sguinci, angoli.

4.18.4. Murature a faccia-vista, per fabbricati

Le murature da eseguire a «faccia vista» dovranno iniziare almeno 20 cm al di sotto del piano finito del marciapiede o della pavimentazione esterna.

Dovranno usarsi mattoni stampati (pressati) con facce a vista sabbiate, di prima scelta, integri, con tagli e spigoli netti, di colore uniforme.

Le commessure, perfettamente orizzontali, dovranno essere eseguite inserendo in corso d'opera un tondino ø=8 mm, da togliere una volta eseguito il ricorso.

Tutti i giunti saranno stilati con malta di cemento.

Si dovrà porre la massima cura nella suddivisione dei ricorsi in modo tale che l'ultimo vada a combaciare esattamente contro le travi o i cordoli superiori e che i giunti verticali, perfettamente allineati secondo disegni, risultino con mezza bugna alternata in corrispondenza di angoli e di mazzette.

Quando previsto in progetto, le piattabande di porte e finestre dovranno essere eseguite con mattoni posti a coltello.

4.18.5. Murature ad intercapedine, per fabbricati

Saranno costituite come segue:

- **in laterizi**: parete esterna dello spessore di una testa; parete interna in foglio;

- **in blocchetti forati di conglomerato di argilla espansa**: dosati a 200 kg di cemento tipo 42,5, parete esterna dello spessore di 12 cm; parete interna di 8 cm;

legate con malta bastarda, composta da 200 kg di calce idraulica, 200 kg di cemento normale e 1 m³ di sabbia, resistenza media a compressione ≥ 5 MPa.

La tipologia dei materiali impiegati e la larghezza dell'intercapedine tra le pareti esterne ed interne sono quelli indicati in progetto.

In corrispondenza degli angoli, delle spalle di porte e finestre, degli incroci con strutture di spina, la muratura dovrà essere piena per una lunghezza minima pari ad una volta e mezzo gli spessori.

Detto provvedimento, con muratura piena, dovrà inoltre essere adottato come collegamento tra il tamponamento esterno e quello interno, ogni qualvolta la lunghezza della intercapedine dovesse superare 2 m e dove indicato nei disegni esecutivi.

4.18.6. Murature in blocchetti forati prefabbricati, per fabbricati

a - **Blocchetti in calcestruzzo di cemento vibrocompresso legati con malta bastarda**, composta da 200 kg di calce idraulica, 200 kg di cemento normale e 1 mc³ di sabbia, resistenza media a compressione ≥ 5 MPa:

di tipo normale, da ricoprire con intonaco;

di tipo impermeabilizzato mediante additivazione del calcestruzzo, da lasciare a faccia vista con giunti stuccati e stilati a cemento,

con anche la malta legante additivata con idrorepellente.

b - Blocchetti in conglomerato di argilla espansa, del tipo strutturale di densità 600÷650 kg/m³, dosato a 200 kg di cemento tipo 42,5 per metro cubo di impasto, legati con malta bastarda, composta da 200 kg di calce idraulica, 200 kg di cemento normale e 1 m³ di sabbia, resistenza media a compressione ≥ 5 MPa: di tipo normale o impermeabilizzati, come descritto al precedente punto a).

Quando previsto in progetto, i fori verticali dei blocchetti dovranno essere intasati con calcestruzzo di tipo II con classe di resistenza ≥ 20/25 MPa ed eventualmente armati con ferri tondi; la muratura sarà provvista di armatura orizzontale mediante l'inserimento, a ricorsi alterni, di scalette in acciaio costituite da ferri longitudinali e ferri trasversali intervallati tra loro.

Le murature da eseguire a «faccia vista» dovranno iniziare almeno 20 cm al di sotto del piano finito del marciapiede o della pavimentazione esterna.

Le commessure, perfettamente orizzontali, dovranno essere eseguite inserendo in corso d'opera un tondino ø=8 mm, da togliere una volta eseguito il ricorso.

Tutti i giunti saranno stilati con malta di cemento.

Si dovrà porre la massima cura nella suddivisione dei ricorsi in modo tale che l'ultimo vada a combaciare esattamente contro le travi o i cordoli superiori e che i giunti verticali, perfettamente allineati secondo disegni, risultino con mezza bugna alternata in corrispondenza di angoli e di mazzette.

Quando previsto in progetto, le piattabande di porte e finestre dovranno essere eseguite con mattoni posti a coltello.

4.18.7. Murature di pietrame a secco

La muratura di pietrame a secco dovrà essere eseguita con pietre ridotte col martello alla forma il più possibile regolare, restando assolutamente escluse quelle di forma rotonda.
Le pietre saranno collocate in opera in modo che si colleghino perfettamente fra loro, scegliendo per i paramenti quelle di maggiori dimensioni, non inferiori a 20 cm di lato e le più adatte per il migliore combaciamento.
Si eviterà sempre la ricorrenza delle commessure verticali.
Nell'interno della muratura si farà uso delle scaglie soltanto per appianare i corsi e riempire gli interstizi fra pietra e pietra.
Per i cantonali si useranno le pietre di maggiori dimensioni e meglio rispondenti allo scopo.
La rientranza delle pietre del paramento non dovrà mai essere inferiore all'altezza del corso. Inoltre si disporranno frequentemente pietre di lunghezza tale da penetrare nello spessore della muratura.
A richiesta della Direzione Lavori l'Impresa dovrà lasciare opportune feritoie regolari e regolarmente disposte, anche in più ordini, per lo scolo delle acque.

4.18.8. Murature di pietrame e malta

La muratura di pietrame con malta cementizia dovrà essere eseguita con elementi di pietrame delle maggiori dimensioni possibili e, ad ogni modo, non inferiori a 25 cm in senso orizzontale, 20 cm in senso verticale e 30 cm di profondità.
Per i muri di spessore 40 cm si potranno avere alternanze di pietre minori.
Le pietre, prima del collocamento in opera dovranno essere diligentemente pulite e ove occorra, a giudizio della Direzione Lavori, lavate.
Nella costruzione della muratura le pietre dovranno essere battute col martello e rinzeppate diligentemente con scaglie e con abbondante malta così che ogni pietra resti avvolta dalla malta stessa e non rimanga alcun vano od interstizio.
La malta avrà classe di resistenza a 28 d ≥ 25/30 MPa e sarà dosata con minimo 350 kg di cemento normale (32,5 o 32,5R di tipo III o di tipo IV) per metro cubo di sabbia ed avrà rapporto acqua cemento ≤ a 0,5 che l'Impresa dovrà garantire anche attraverso l'uso di additivi superfluidificanti non aeranti.
In presenza di climi freddi ovvero con temperature inferiori ai 278 K, l'Impresa farà costantemente uso di additivi antigelo ed acceleranti di presa esenti da cloruri del tipo approvato dalla Direzione Lavori, conformi a quanto previsto dalle norme UNI 7105 e 7109, dosati secondo i risultati delle prove e comunque non inferiori al 2% sul peso del legante.
La frequenza dei prelievi di malta sarà pari ad una serie di provini cubici di 10 cm di lato, per ogni giorno di produzione.
Nel paramento ad opera incerta, il pietrame dovrà essere scelto diligentemente e la sua faccia vista dovrà essere ridotta col martello a superficie approssimativamente piana.
Le facce di posa e combaciamento delle pietre dovranno essere spianate e adattate col martello, in modo che il contatto dei pezzi avvenga in tutti i giunti per una rientranza non minore di 8 cm.
Nel paramento a mosaico greggio, le facce viste dei singoli pezzi dovranno essere ridotte, col martello a punta grossa, a superficie piana poligonale; i singoli pezzi dovranno combaciare fra loro regolarmente, restando vietato l'uso delle scaglie.
La muratura a corsi regolari dovrà progredire a strati orizzontali da 20 a 30 cm di altezza con pietre disposte in modo da evitare la corrispondenza delle commessure verticali fra due corsi immediatamente sovrastanti. In tutte le specie di paramento, la sigillatura dei giunti dovrà essere fatta raschiando preventivamente le connessure fino a conveniente profondità per purgarle della malta e delle materie estranee, lavandole a grande acqua e riempiendo poi le commessure stesse con nuova malta, curando che questa penetri bene comprimendola e lisciandola con apposito ferro, in modo che il contorno dei corsi sui fronti del paramento, a lavoro finito, si disegni nettamente e senza sbavature.
Nelle facce viste saranno impiegate pietre lavorate secondo il tipo di paramento prescritto e nelle facce contro terra saranno impiegate pietre sufficientemente piane e rabboccate con malta in modo da evitare cavità.
Nelle murature contro terra saranno lasciate apposite feritoie secondo le prescrizioni della Direzione Lavori.

4.18.9. Murature in pietra da taglio

Prima di cominciare i lavori l'Impresa dovrà preparare a sua cura e spesa, i campioni dei vari generi di lavorazione della pietra da taglio e sottoporli, per l'approvazione, alla Direzione Lavori.
Qualunque sia il genere di lavorazione delle facce viste, i letti di posa e le facce di combaciamento dovranno essere ridotti a perfetto piano e lavorati a grana fine.
Non saranno tollerate né smussature a spigoli, né cavità nelle facce, né masticature o rattoppi.
La pietra da taglio che presentasse tali difetti sarà rifiutata e l'Impresa sarà in obbligo di farne l'immediata sostituzione, sia che le scheggiature od ammanchi si verifichino al momento della posa in opera, sia dopo e sino al collaudo. Le forme e dimensioni di ciascun concio in pietra da taglio dovranno essere perfettamente conformi ai disegni dei particolari di progetto ed alle istruzioni che, all'atto della esecuzione, fossero eventualmente date dalla Direzione Lavori.
Inoltre, ogni concio dovrà essere lavorato in modo da potersi collocare in opera secondo gli originali letti di cava.
Per la posa si potrà fare uso di zeppe da togliere immediatamente quando la malta rifluisca nel contorno della pietra battuta a mazzuolo sino a prendere la posizione voluta.
La malta di allettamento avrà classe di resistenza a 28 d $\geq$ 28/35 MPa e sarà dosata con minimo 400 kg di cemento normale (32,5 o 32,5R di tipo III o di tipo IV) per metro cubo di sabbia ed avrà rapporto acqua cemento $\leq$ a 0,5 che l'Impresa dovrà garantire anche attraverso l'uso di additivi superfluidificanti non aeranti.
In presenza di climi freddi ovvero con temperature inferiori ai 278 K, l'Impresa farà costantemente uso di additivi antigelo ed acceleranti di presa esenti da cloruri del tipo approvato dalla Direzione Lavori, conformi a quanto previsto dalle norme UNI 7105 e 7109, dosati secondo i risultati delle prove e comunque non inferiori al 2% sul peso del legante.
La frequenza dei prelievi di malta sarà pari ad una serie di provini cubici di 10 cm di lato, per ogni giorno di produzione. Occorrendo, i diversi conci dovranno essere collegati con grappe ed arpioni di bronzo saldamente suggellati entro apposite incassature praticate nei conci medesimi.
Le commessure delle facce viste dovranno essere profilate con cemento a lenta presa, diligentemente compresso e lisciato mediante apposito ferro.

4.18.10. Murature in pietrame e conglomerato cementizio

La muratura di conglomerato cementizio con paramento esterno in pietrame sarà realizzata con conglomerato cementizio di tipo II, avente classe di resistenza $\geq$ 28/35 MPa per quanto concerne il paramento interno, mentre il paramento esterno realizzato in pietrame dello spessore medio di 30 cm, ben ammorsato nel conglomerato cementizio retrostante, sarà eseguito con caratteristiche riportate negli art. 4.18.8 o 4.18.9 in relazione alle disposizioni progettuali.

4.19. INTONACI

Gli intonaci possono essere del tipo:

- Intonaco rustico tirato in piano a fratazzo fino, su murature di qualsiasi forma e tipo e su soffitti, eseguito con due strati di malta dosata a 400 Kg di calce idraulica per metro cubo di sabbia;

- Intonaco civile interno su superfici verticali ed orizzontali, anche curve, eseguito in due strati; con malta dosata a 400 kg di calce idraulica per metro cubo di sabbia e rifinito con malta di calce fina (grassello) o con malta dosata a 400 kg di cemento per metro cubo di sabbia, rifinito a fratazzo fino;

- Intonaco civile interno su superfici verticali ed orizzontali, anche curve, dello spessore non inferiore a 7 mm, eseguito a mano e o a macchina con malta premiscelata composta da calce, gesso, perlite ed additivi;

- Intonaco civile esterno su superfici verticali ed orizzontali, anche curve, eseguito in due strati: con malta bastarda dosata a 250 kg di calce idraulica e 250 kg di cemento per metro cubo di sabbia e rifinito a fratazzo fino, o con malta dosata a 350 kg di cemento per metro cubo di sabbia, ambedue rifiniti a fratazzo fino;

- Intonaco ignifugo a superficie rasata eseguito con malta composta da 1 m³ di vermiculite, 250 kg di cemento tipo 42,5 e 1 kg di VICSOL aerante o equivalente.

L'esecuzione degli intonaci sarà preceduta da bagnatura ed accurata preparazione delle superfici mediante rimozione di grumi di malta, scarnitura delle commessure fino a conveniente profondità, ripulitura delle pareti e rinzaffo delle irregolarità più salienti.

Non dovranno essere di norma eseguiti in periodi di temperature troppo rigide od elevate; dovrà essere presa ogni precauzione necessaria a proteggerli dagli agenti atmosferici di qualsiasi genere, quando questi siano tali da pregiudicare la normale presa della malta.

Salvo prescrizioni particolari, l'esecuzione sarà con angoli e spigoli a filo vivo, perfettamente a "piombo", con squadro perfetto tra soffitti e pareti e con superfici prive di ondulazioni, irregolarità, peli, screpolature od altri difetti.

Gli intonaci che non presentassero la necessaria aderenza alle murature dovranno essere demoliti e rifatti a cura e spese dell'Impresa.

Prima dell'esecuzione degli intonaci si predisporranno opportune fasce, eseguite sotto regoli di guida, in numero sufficiente per ottenere intonaci perfettamente piani; sarà applicato quindi un primo strato di malta gettata con forza in modo che penetri in tutti gli interstizi e li riempia.

Quando il primo strato avrà ottenuto una leggera presa si applicherà su di esso un secondo strato che sarà regolarizzato con regolo e fratazzo.

Quando l'intonaco deve essere applicato sull'intradosso di solai e su strutture in conglomerato cementizio si dovrà eseguire, preliminarmente, un primo leggero rinzaffo con malta fluida di cemento, cui seguiranno le operazioni descritte in precedenza.

Gli intonaci civili interni ed esterni saranno rifiniti con malta fina tirata a fratazzo. Tutti gli spigoli degli intonaci interni dovranno essere protetti da paraspigoli fino all'altezza di 1,50 m.

Gli intonaci ignifughi dello spessore previsto in progetto saranno eseguiti con la stessa metodologia degli altri intonaci, stendendoli in strati successivi fino ad ottenere gli spessori richiesti.

4.19.1. Intonaci eseguiti a mano

L'intonaco a mano sarà eseguito in doppio strato fresco su fresco per uno spessore complessivo di 20 mm, dosato a 500 kg di cemento normale (di tipo III o di tipo IV) per metro cubo di sabbia.

4.19.2. Intonaci eseguiti a spruzzo (gunite)

Prima di applicare la gunite su pareti in conglomerato cementizio degradate, l'Impresa avrà cura di eseguire la sabbiatura ad aria compressa ed un efficace lavaggio con acqua in pressione.

La malta sarà di norma composta di 500 kg di cemento (di tipo IV 32,5 o 32,5R) per metro cubo di sabbia salvo diverse prescrizioni.

Il dosaggio dei componenti deve essere fatto a peso.

L'acqua proverrà da fonti ben definite che diano acqua rispondente alle caratteristiche specificate nelle presenti Norme.

Il rapporto acqua/cemento non dovrà essere superiore a 0,45.

Allo scopo di realizzare un intonaco impermeabile si farà costantemente uso di additivi acceleranti di presa e fluidificanti, del tipo e nella quantità approvate dalla Direzione Lavori.

Le sabbie da impiegare nell'impasto saranno di natura silicea, lavate e vagliate, scevre da limo ed ogni altra impurità. La granulometria sarà compresa nel seguente fuso avente andamento continuo ed uniforme:

Serie crivelli e setacci UNI	Passante % totale in peso
crivello 10	100
crivello 5	98÷88
setaccio 2	73÷63
setaccio 0,4	32÷22
setaccio 0,18	13÷3

L'intonaco avrà di norma spessore di 35 mm e sarà eseguito in tre strati: il primo strato del tipo boiacca servirà a preparare la superficie per accogliere lo strato successivo, mentre il terzo strato sarà di spessore tale da portare la gunite ai prescritti 35 mm. Potrà essere prevista l'inclusione di reti metalliche elettrosaldate in fili d'acciaio che saranno fissate al supporto mediante chiodatura, di caratteristiche come indicate in progetto.

Quando l'intonaco fosse eseguito in gallerie e si verificassero delle venute d'acqua dovranno essere predisposte, prima della gunitatura, opportune canalette di captazione.

4.19.3. Prove e controlli di laboratorio

A discrezione della Direzione Lavori saranno prelevati campioni di sabbia stoccata a piè d'opera per il controllo granulometrico.

Essa, al momento della posa in opera dovrà essere ben asciutta ai fini di ottenere un buon impasto al momento dell'applicazione.

Saranno prelevati campioni di gunite sulla parete (dopo aver completato il ciclo degli strati) per il controllo della percentuale di acqua, della percentuale di cemento e della curva granulometrica, cospargendo il campione di alcool fino a coprire il prelievo.

Inoltre, durante la posa in opera della miscela saranno prelevati campioni della stessa spruzzandola entro apposite cubettiere con getto normale al

fondo dei contenitori; la superficie sarà rasata e fratazzata. La maturazione dei provini avverrà in camera climatica.

La frequenza dei prelievi e il numero dei campioni sarà indicato dalla Direzione Lavori.

Le prove di rottura a compressione a ventotto giorni dovranno dare una classe di resistenza non inferiore a 35/40 MPa.

4.20. IMPERMEABILIZZAZIONI

4.20.1. MALTA POLIMERICA PER IMPERMEABILIZZAZIONE

Trattamento idrofobizzante di calcestruzzi armati eseguito sulle superfici di elementi strutturali posti all'estradosso o all'intradosso di impalcati di ponti e viadotti; trattamento con prodotti a base di derivati silanici applicati in quantità tale da dare rifiuto all'impregnazione e comunque in quantità non inferiore a 400 gr/mq.

Modalità applicative conformi alle prescrizioni del produttore, anche con possibile sabbiatura del supporto se necessario alla realizzazione di un efficace sistema protettivo.

Rivestimento protettivo di calcestruzzi armati, eseguito sulle superfici di elementi strutturali posti all'estradosso o all'intradosso degli impalcati di ponti e viadotti, mediante riporto, in spessore minimo di mm 10, di malta polimerica a basso modulo elastico, costituita esclusivamente da inerti quarziferi sferoidali distribuiti secondo una opportuna curva granulometrica e da un appropriato sistema polimerico bicomponente.

La miscelazione e la posa del prodotto dovrà avvenire in conformità alle prescrizioni del produttore; il trattamento impermeabilizzante e protettivo verrà preceduto da applicazione di prodotto impregnante sintetico bicomponente a base acrilica a bassa viscosità da usare (quale primer) per consolidare al supporto il successivo rivestimento di malta polimerica; il primer verrà applicato in quantità tale da dare rifiuto all'impregnazione e comunque non inferiore a 700 gr/mq; il successivo trattamento di irruvidimento superficiale del manto impermeabilizzante per il collegamento con la pavimentazione, avverrà mediante spandimento uniforme di circa 2 Kg/mq di inerte quarzifero lavato ed essicato; durante la realizzazione delle opere di impermeabilizzazione verranno adottate tutte le precauzioni, gli accorgimenti ed i mezzi necessari per garantire le condizioni di igiene e sicurezza atte ad escludere effetti nocivi momentanei e/o differiti sulla salute degli operatori o pericoli d'incendio e scoppio.

4.20.1.1 NORME TECNICHE

Malta polimerica a basso modulo elastico

- resistenza a rottura determinata su un prelievo di 3 provini prismatici 40x40x160 mm in analogia a quanto stabilito dal D.M. 03/06/68; valori medi a 10°C; a flesso-trazione non inferiore 10 N/mm²;

- modulo elastico determinato secondo UNI 6556: non superiore a 3000 N/mm²;

- adesione al calcestruzzo misurato allo strappo in conformità alle norme DINISO 4624: non inferiore a 2 N/mm²;

- resistenza a cicli di gelo e disgelo determinata secondo la norma RILEM CDC/2 in presenza di soluzioni saline: dopo 50 cicli, perdita di peso media in superficie non superiore a 0,05 mg/mm²;

- resistenza all'abrasione determinata con getto di sabbia secondo l'art. 6 del Decreto 2234 del 16.01.1940: non superiore a 2 mg/mm²;

- assorbimento d'acqua determinato in analogia alla UNI 7699 su provino prismatico 40x40x160 mm: non superiore allo 0,3% in peso;

- penetrazione dello ione cloruro misurato in conformità alla norma UNI 7928 su un provino di calcestruzzo rivestito con uno spessore di mm 10 di malta polimerica: nulla dopo 200 ore.

- Ciclo di verifica della resistenza agli agenti atmosferici.

Per l'invecchiamento artificiale si dovrà prevedere il seguente ciclo di esposizione forzata a diversi agenti aggressivi:

Agente aggressivo	Durata	Temperatura	Norma
Radiazione ultravioletta	24 H	+60° C	UNI 7097-72
5 cicli di gelo e disgelo	+20° C		
in presenza di CaCl2 al 3%	120 H	- 20° C	RILEM CDC/2
Radiazione ultravioletta	24 H	+60° C	UNI 7097-72
5 cicli di gelo e disgelo	+20° C		
in presenza di CaCl2 al 3%	120 H	- 20° C	RILEM CDC/2
Camera all'ozono	40 H	+25° C	

Radiazione ultravioletta	24 H	+ 60° C	UNI 7097-72

Dopo l'esposizione i provini di tipo prismatico di dimensioni 40x40x160 mm non dovranno presentare formazione di microfessure o sfarinamenti. A seguito di tale trattamento di invecchiamento forzato dovranno essere inoltre verificate quantitativamente tali caratteristiche meccaniche:

- resistenze a rottura determinate su un campione di 3 provini prismatici 40x40x160 mm in analogia a quanto stabilito dal D.M. 03/06/68; valori medi a 10°C a flesso-trazione e a compressione ;

- modulo elastico determinato secondo UNI 6556;

Sarà tollerato un peggioramento massimo del 10% rispetto alle corrispondenti caratteristiche richieste in condizioni normali.

4.20.2. CONGLOMERATI E MALTE POLIMERICHE

Nel seguito saranno convenzionalmente chiamate con la denominazione P.C. (Polimer Concrete).

L'Impresa sarà tenuta a presentare, in tempo utile prima dell'inizio dei lavori, all'esame della Direzione Lavori per la necessaria approvazione:

- la composizione del P.C. con specifica delle caratteristiche chimiche e del dosaggio e del sistema polimerico e delle caratteristiche petrografiche e granulometriche del materiale inerte;
- la descrizione dettagliata del ciclo completo di mescolazione, posa in opera e polimerizzazione;
- la descrizione tecnica dettagliata corredata da disegni di tutte le attrezzature necessarie per la preparazione e la messa in opera del prodotto e lo stoccaggio del sistema chimico;
- i risultati delle prove preliminari eseguite in laboratorio su campioni di P.C. con le modalità ed i prodotti di cui ai precedenti punti a), b), c);
- piano dettagliato di tutte le prove di controllo di qualità del prodotto;
- descrizione dettagliata di tutte le norme ed i mezzi previsti per garantire l'igiene e la sicurezza del personale addetto ai lavori nonché del traffico che scorre sulla carreggiata affiancata, con particolare riferimento a deposito ed all'impiego di prodotti tossici e di miscele esplosive.
- Le caratteristiche ed il dosaggio dei materiali impiegati nonché le modalità esecutive dovranno essere tali da conferire al materiale composito le caratteristiche tecniche specificate al precedente articolo "caratteristiche dei materiali") ed inoltre tali da assicurare una adesione al P.C. in grado di sopportare in sicurezza nel tempo le tensioni che si sviluppano sulla superficie d'attacco per effetto del ritiro del P.C. e per effetto dei gradienti termici.

Nel caso di getti in opera sopra solette di viadotti per la realizzazione di pavimentazione strutturale, il P.C. dovrà essere assestato mediante apposito regolo vibrante fissato su una robusta struttura carrellata scorrevole su guide laterali poste ai bordi della carreggiata in grado di assicurare la vibrazione del P.C. e la rifinitura accurata della superficie superiore rigorosamente secondo l'andamento plano-altimetrico teorico del piano viabile.

Nel caso di getti d'incamiciatura di pile o spalle il getto di P.C. dovrà essere fatto all'interno di idonei casseri in grado di rispettare rigorosamente l'attuale sagoma dei sostegni e di conferire al getto finito una superficie esterna piana e liscia, esente da bolle d'aria e fessurazioni.

L'Impresa deve registrare e mettere a disposizione della Direzione Lavori le date di produzione del sistema chimico impiegato, le temperature di stoccaggio, le date e le quantità di prodotto impiegato per ogni getto sul viadotto.

Alla fine di ogni getto, l'Impresa deve mettere a disposizione della D.L. campioni cilindrici prelevati in numero e aventi le dimensioni prescritte dalla stessa D.L.

La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei lavori solo dopo aver preso visione dei certificati ufficiali delle prove eseguite su provini estratti da un getto campione di P.C. su soletta e/o pila eseguito preliminarmente in base al progetto di cui ai precedenti punti a), b), c), d), e), f).

L'esame e la verifica da parte della Direzione Lavori della composizione e delle modalità esecutive del P.C., non esonera in alcun modo l'Impresa dalle responsabilità ad essa derivanti per legge e per le pattuizioni del contratto, restando stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione Lavori, essa Impresa rimane unica e completa responsabile delle opere a termini di legge; pertanto essa sarà tenuta a rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

4.20.3. Con membrane prefabbricate a base bituminosa

L'impermeabilizzazione è costituita da membrane prefabbricate a base bituminosa, disposte ad uno o due strati ed armate con tessuto non tessuto in poliestere o con teli di fibre di vetro.

La massa bituminosa sarà costituita indicativamente per il 70% in peso da bitume leggermente polimerizzato mescolato con copolimeri di butilene e propilene con opportuni agenti stabilizzanti della dispersione degli elastomeri nel bitume; avrà le seguenti caratteristiche:

- punto di rammollimento P.e A. 403÷413 K
- punto di rottura Frass 288 K
- penetrazione con peso di 100 g a 298 K: 2÷3 mm.

L'armatura, in relazione alle previsioni progettuali, sarà costituita da:

- tessuto non tessuto del peso di 300 g/m² in fibre di poliestere ad alto titolo e tenacità solidamente collegate tra loro mediante legamento per agugliatura;
- velo in fibra di vetro del peso di almeno 50 g/m²;
- tessuto in fibra di vetro del peso di almeno 50 g/m².

La finitura superficiale delle membrane sarà di tipo: normale; granigliata; autoprotetta con lamina goffrata di alluminio ricotto titolo 99,5% colore naturale di spessore di 0,08 mm; con lamina goffrata di rame ricotto titolo 99,5% colore naturale spessore di 0,08 mm, come da scelte progettuali.

Il peso delle membrane, per quelle armate in tessuto non tessuto in poliestere e per quelle armate con tessuto di fibra di vetro e autoprotette con lamine metalliche sarà di almeno 4 kg/m²; per quelle armate con velo di fibra di vetro sarà di 3 kg/m². Le membrane saranno applicate a fiamma previa pulizia del supporto e spalmatura di primer a base bituminosa, sovrapponendo i bordi dei teli per almeno 5 cm.

Nel manto costituito da doppio strato di membrane, il secondo strato sarà applicato a fiamma incrociato rispetto al primo.

4.20.4. Barriera antivapore

La barriera antivapore sarà ottenuta mediante fogli di polietilene dello spessore ≥ 0,5 mm; avrà giunti sovrapposti per almeno 10 cm che saranno sigillati con nastro biadesivo o sistemi equivalenti.

4.20.5. Geotessile

Lo strato separatore sarà realizzato in geotessile del peso minimo di 300 g/m², in fibre di poliestere a filo continuo aventi le caratteristiche riportate nell'Art. 2. Sarà fissato al piano di posa mediante punti di bitume e i giunti fra i teli saranno sovrapposti per almeno 5 cm.

4.20.6. Impermeabilizzazioni vasche

Le impermeabilizzazioni del fondo e delle pareti interne delle vasche in c.a. di accumulo dell'acqua saranno realizzate con applicazione di vernice monocomponente a base di clorocaucciù data in tre mani per uno spessore complessivo non inferiore a 0,3 mm, previa preparazione del fondo effettuata mediante sabbiatura e stuccatura delle eventuali lesioni o cavillature.

4.21. IMPERMEABILIZZAZIONE DELLE GALLERIE ARTIFICIALI

Ove previsto in progetto o quando la Direzione Lavori lo ritenga opportuno, si provvederà alla impermeabilizzazione dei manufatti in conglomerato cementizio, interrati e non, quali i volti delle gallerie artificiali, ponti e viadotti, sottovia ecc. Tali impermeabilizzazioni saranno effettuate mediante:

- membrane elastiche continue in materiale sintetico;
- cappa di mastice di asfalto sintetico;
- guaine bituminose preformate ed armate;
- bitume modificato con elastomeri ed armato;
- vernici bicomponenti in catrame e resine epossidiche;
- impermeabilizzazione bentonitica.

Gli strati impermeabilizzanti, oltre che possedere permeabilità all'acqua praticamente nulla, devono essere progettati ed eseguiti in modo da avere:

- elevata resistenza meccanica, specie alla perforazione in relazione sia al traffico di cantiere che alle lavorazioni che seguiranno alla stesa dello strato impermeabilizzante;
- deformabilità, nel senso che il materiale dovrà seguire le deformazioni della struttura senza fessurarsi o distaccarsi dal supporto, mantenendo praticamente inalterate tutte le caratteristiche di impermeabilità e di resistenza meccanica;
- resistenza chimica alle sostanze che possono trovarsi in soluzione o sospensione nell'acqua di permeazione. In particolare dovrà tenersi conto della presenza in soluzione dei cloruri impiegati per uso antigelo;
- durabilità, nel senso che il materiale impermeabilizzante dovrà conservare le sue proprietà per una durata non inferiore a quella della pavimentazione, tenuto conto dell'eventuale effetto di fatica per la ripetizione dei carichi;
- compatibilità ed adesività sia nei riguardi dei materiali sottostanti sia di quelli sovrastanti (pavimentazione);

- altre caratteristiche che si richiedono sono quelle della facilità di posa in opera nelle più svariate condizioni climatiche e della possibilità di un'agevole riparazione locale.

Le suaccennate caratteristiche dell'impermeabilizzazione devono conservarsi inalterate:

- tra le temperature di esercizio che possono verificarsi nelle zone in cui il manufatto ricade e sempre, comunque, tra le temperature di -10° e + 60° C;
- sotto l'azione degli sbalzi termici e sforzi meccanici che si possono verificare all'atto della stesa delle pavimentazioni o di altri strati superiori.

Tutti i materiali per impermeabilizzazioni dovranno rispondere ai requisiti prescritti dalle rispettive Norme di accettazione.

Strutture sovrastanti strati impermeabili dovranno essere eseguite dopo il perfetto consolidamento degli strati stessi.

L'esecuzione delle impermeabilizzazioni di qualsiasi genere dovrà essere eseguita con la massima accuratezza, specialmente in prossimità di fori, passaggi, canne, ecc.; il convogliamento di acque meteoriche ai pluviali sarà assicurato mediante idonei pezzi speciali fissati a livello della soletta in calcestruzzo mediante l'impiego di stucchi epossidici al manto impermeabile e muniti di griglia parafoglie. L'impermeabilizzazione dovrà interessare anche le zone dei bocchettoni di scarico delle acque superficiali, ricoprendoli nell'area dei risvolti.

Eventuali perdite che si manifestassero, sino a collaudo eseguito, dovranno essere sanate ed eliminate dal Contraente Generale, a suo totale carico, compreso ogni lavoro di ripristino delle eventuali sovrastrutture.

Particolare cura dovrà essere posta nella preparazione delle superfici da impermeabilizzare; dovranno avere adeguate pendenze per un regolare sgrondo delle acque e presentarsi sane, regolari, perfettamente pulite, esenti da olii, grassi, polveri e prive di residui di boiacca o di malta cementizia, asciutte e stagionate almeno 20 giorni, per assicurare una buona adesione del manto impermeabilizzante. La pulizia sarà ottenuta mediante lavaggio con getti d'acqua in pressione per l'adeguato asporto delle parti incoerenti seguito da una energica soffiatura con aria compressa.

La posa in opera di tutte le impermeabilizzazioni dovrà essere preceduta dalla preparazione della superficie, affinché il supporto sia libero da detriti ed altre irregolarità che possano arrecare danni per punzonamento al manto impermeabile, e comprenderà:

- eliminazione di eventuali asperità, dislivelli, grumi ed imperfezioni in genere mediante bocciardatura, spinta anche a fondo;
- stuccatura di eventuali lesioni o vespai;
- pulizia mediante lavaggio con acqua in pressione (almeno 50bar).

Dovranno prevedersi prove e controlli di qualità e possibili prove di efficienza.

4.21.1. Manto di impermeabilizzazione realizzato con membrana elastica continua in materiale sintetico epossipoliuretanico spruzzata in opera

La superficie in calcestruzzo da trattare dovrà risultare priva di prodotti disarmanti, come residui di boiacca, di eventuali residui di impermeabilizzazione preesistente ed altro. A questo fine la superficie dovrà essere sabbiata e/o bocciardata, come pure quando siano stati eseguiti precedenti interventi di ripristino con l'impiego di betoncini o calcestruzzi reoplastici a ritiro compensato. A questi interventi preparatori dovrà seguire una accurata pulizia delle superfici interessate anche mediante idrolavaggi (preferibilmente in periodi caldi o asciutti) e conseguente energica soffiatura con aria compressa.

4.21.1.1 Primer di adesione

Il primer di adesione dovrà essere costituito da base epossidica ed induritore poliaminoalifatico con solventi, per un residuo secco non inferiore al 60% in peso.

4.21.1.2 Membrana impermeabilizzante sintetica elastica continua spruzzata in opera

La membrana impermeabilizzante elastica continua dovrà essere costituita da un copolimero epossipoliuretanico con presenza attiva di un terzo polimero elastomerico. Il prodotto deve polimerizzare entro le 24 h dal termine della stesa alle condizioni di temperatura T ≥ 293 K ed UR 65% ± 5%.

Il materiale applicato dovrà, a polimerizzazione avvenuta, avere le seguenti caratteristiche chimico-fisiche:

- Densità relativa (riferita al prodotto A+B polimerizzato): 1,15 ± 0,05 kg/dm² (UNI 89-1970).
- Durezza superficiale: 90 ± 5 Shore "A" (UNI 4916-74).
- Resistenza a sollecitazione per trazione: minimo 6 Mpa (UNI 8202 par. 8°).
- Allungamento percentuale a trazione: minimo 80% (UNI 8202 par. 8°).
- Elasticità: massimo 15% (verificata come deformazione residua a trazione) (UNI 8202 par. 10°).
- Resistenza alle basse temperature: integrità per avvolgimento su mandrino cilindrico fino a T= 253 K (UNI 8202 par. 15°).

Adesione al supporto cementizio: minimo 3 Mpa e per valori inferiori purché risulti una rottura coesiva del supporto (riferito alla superficie di prova)almeno pari al 60% della superficie (ASTM 2197-68).

4.21.1.3 Mano d'attacco per il collegamento della membrana con la pavimentazione

La mano d'attacco tra membrana e pavimentazione dovrà essere costituita da un bitume modificato con polimeri SBS-R da spruzzare a caldo (T ≥ 180 °C) in ragione di circa 0,8 kg/m² e le cui caratteristiche sono riportate nelle presenti Norme Tecniche nell'Articolo dedicato alle pavimentazioni in conglomerato bituminoso.

4.21.1.4 Modalità di applicazione

Si provvederà al fine di garantire una perfetta adesione tra membrana e supporto alla stesa del "primer" applicato mediante spruzzo "airless" e con adeguata apparecchiatura, in quantità comprese tra 0,20 e 0,25 kg/m².

Tale stesa si dovrà estendere a tutta la superficie interna dei cordoli ed anche sulla superficie orizzontale degli stessi, qualora essi non siano già stati protetti con guaine bituminose per effettuare il montaggio dei parapetti New Jersey prima dell'impermeabilizzazione dell'impalcato.

Sulla superficie così pretrattata si dovrà procedere all'applicazione della membrana epossipoliuretanica elastomerica mediante idonee apparecchiature automontate ed automatiche che garantiscano, oltre che potenzialità di lavoro adeguata, il controllo dei quantitativi di stesa.

La realizzazione della membrana dovrà essere fatta mediante l'applicazione di un quantitativo di prodotto medio di 2,9÷3,1 kg/m² (spessore secco 2,5 mm) tale da garantire una elevata protezione all'azione delle acque meteoriche e degli agenti aggressivi in soluzione (sali fondenti antigelo). La sua adesione al primer non dovrà essere inferiore a quella di quest'ultimo alla soletta.

La posa in opera dell'intero ciclo impermeabilizzante non verrà effettuata quando, a giudizio della Direzione Lavori, le condizioni metereologiche saranno tali da non garantire la perfetta riuscita del lavoro e comunque quando la temperatura esterna sia inferiore a 10°C.

Non prima di 12 h dal termine della stesa della membrana impermeabile, nel caso di temperature ≥ 20°C, dovrà seguire l'accurata ed uniforme applicazione della mano di attacco e di collegamento alla pavimentazione nella quantità di 0,8 kg/m².

Detto materiale dovrà essere spruzzato anche sulla parte verticale interna dei cordoli che sarà coperta dalla pavimentazione.

Il manto dovrà essere transitabile, senza distacchi e perforazioni, dal normale traffico di cantiere (escluso quello cingolato) e dovrà risultare impermeabile, dopo la stesa su di esso dei conglomerati bituminosi, sotto una pressione di 1 Mpa in permeametro, a 333 K per 5 h, anche nelle zone di giunto.

4.21.2. Cappa di mastice di asfalto sintetico

4.21.2.1 Materiali

L'impermeabilizzazione degli impalcati delle opere d'arte verrà realizzata mediante applicazione per colata di cappa di mastice di asfalto sintetico di spessore finito non inferiore a 10 mm.

Il mastice d'asfalto dovrà avere la seguente composizione:

Legante:

dovrà essere costituito da una miscela di bitume 40/50 e Trinidad Epureè in rapporto di 5 a 2 in peso.

In alternativa potranno essere usati, previa approvazione della Direzione Lavori, altri bitumi naturali (quali il Selenitza) o gomme termoplastiche, del tipo approvato dalla Direzione Lavori.

I dosaggi di questi materiali saranno definiti da uno studio preliminare da presentare alla Direzione Lavori per la necessaria approvazione.

Il legante sarà dosato in ragione del 15% - 19% in peso sulla miscela degli aggregati (corrispondenti al 13% - 16% in,peso sulla miscela finale), compreso il bitume contenuto nel filler asfaltico.

Il bitume 40/50 dovrà avere un indice di penetrazione (IP) compreso tra -0,1<IP<+0,1 calcolato secondo la formula:

$$IP = \frac{20u - 500v}{u + 50V}$$

in cui:

v = log 800 - log penetrazione a 298 K;

u = temperatura di P. e A. in K detratti 298 K;

Filler:

dovrà essere passante totalmente al setaccio 0,18 UNI (ASTM n 80) e per il 90% al setaccio UNI 0,075 (ASTM n 200 granulometria da effettuare per via umida) contenuto per il 30-35% in peso sulla miscela degli aggregati. Il suo potere stabilizzante dovrà essere tale che la miscela di bitume 40/50 e filler, nel rapporto in peso di 1 a 2, dovrà avere un punto di rammollimento P. e A. di almeno 15 K superiore a quello del bitume puro;

Sabbia:

dovrà essere totalmente passante al setaccio 2,5 UNI, pulita ed esente da materiali estranei, naturale e/o di frantumazione, di granulometria ben graduata da 0, 075 a 2, 5 mm (sarà tollerato al massimo un 5% in peso passante al setaccio 0, 075 UNI) , contenuta per il 65-70% in peso sulla miscela degli aggregati;

Miscela finale:

la parte lapidea della miscela (sabbia + filler) dovrà avere una percentuale di vuoti (V) compresa tra 18 e 23%. Il legante totale dovrà saturare tutti gli spazi vuoti, garantendo inoltre una eccedenza compresa tra il 5% ed il 7% (Vb - V = 5 - 7 in cui Vb,è la percentuale in volume del legante sulla miscela finale).

Il mastice completo, confezionato nel rispetto delle Norme sopra esposte, dovrà avere nelle prove di laboratorio un punto di rammollimento alla prova WILHELMI (Norma DIN 1966) compreso tra 373 e 388 K.

Alla stessa prova il mastice prelevato al confezionamento o alla stesa dovrà presentare valori tra 373 e 403 K. Il Contraente Generale dovrà presentare alla Direzione Lavori, prima dell'inizio dei lavori, per la necessaria approvazione, la composizione prevista per il mastice e la curva granulometrica delle sabbie nonché campioni del rapporto finito e dei materiali componenti compresi i primer di attacco, in modo che su di essi possano essere effettuate preventivamente tutte le prove previste nelle presenti Norme.

Nelle lavorazioni si dovranno riscontrare gli stessi materiali e le stesse composizioni di cui ai campioni di prova, con le sole variazioni prevedibili con l'uso di un adeguato processo di produzione su scala reale e comunque rientranti in tutti i limiti espressi in precedenza.

La miscela posta in opera dovrà essere costituita da uno strato continuo e uniforme su tutta la superficie, con spessore minimo di 10 mm e max di 14 mm, da verificare mediante prelievo di campioni.

Dovrà avere una resistenza meccanica tale che, se sottoposta al transito temporaneo degli automezzi gommati di cantiere, non si verifichino schiacciamenti, fessurazioni o abrasioni sul manto.

4.21.2.2 Modalità di applicazione

Le superfici di conglomerato cementizio da impermeabilizzare dovranno essere stagionate e presentarsi sane e asciutte, esenti da oli, grassi e polvere, prive di residui di boiacca (o di malta cementizia): prima dell'applicazione del mastice si dovrà procedere pertanto ad una accurata pulizia dell'impalcato, mediante spazzolatura e successiva energica soffiatura con aria compressa.

Eventuali punti singolari dovranno essere stuccati e sigillati con idonee malte o stucchi epossidici.

Seguirà la stesa di un idoneo primer che potrà essere costituito, a insindacabile giudizio della Direzione Lavori da emulsione bituminosa al 50-55% o da soluzione di bitume polimerizzato, a medio punto di rammollimento .(P.e A. 358-363 K), in opportuni solventi selettivi additivati di miscele di butadieni, in modo da consentire un aumento del potere adesivo rispetto ai normali bitumi ed un ritardo dell'evaporazione del solvente, ciò al fine di avere una buona facilità di stesa del primer stesso ed una sua elevata penetrazione nella soletta.

Le quantità da stendere saranno di 0,5-0, 7 Kg/m2 nel primo caso e di 0,35-0,50 Kg/m2 nel secondo.

Sul primer verrà posto in opera, dopo evaporizzazione dell'acqua o del solvente, il mastice di asfalto sintetico, mediante colamento del materiale a temperatura' di 473 K (±10 K); la sua distribuzione ed il livellamento saranno eseguiti con frattazzi di legno.

Per stese di una certa estensione l'applicazione può essere eseguita a macchina con finitrici particolarmente studiate ed attrezzate, sottoposte a preventiva approvazione della Direzione Lavori.

La posa in opera del mastice non verrà effettuata quando a giudizio della Direzione Lavori le condizioni meteorologiche siano tali da non garantire la perfetta riuscita del lavoro e comunque quando la temperatura esterna sia inferiore a 281 K.

Il mastice asfaltico dovrà essere steso, per quanto possibile, in uno strato regolare e di spessore costante.

Sulla parete interna dei cordoli dovrà essere applicata a caldo, previa mano di primer di ancoraggio, una guaina bituminosa preformata dello spessore di 4-5 mm, avente i requisiti di cui al paragrafo dedicato alle guaine bituminose preformate armate, armata con geotessile non tessuto in poliestere del peso non inferiore a 250 g/m².

La guaina dovrà essere risvoltata per almeno 25 cm rispettivamente sulla cappa di mastice di asfalto e sul coronamento di cordolo. In corrispondenza al punto d'incontro soletta-coronamento sarà curata la sede di appoggio della guaina come da dettagli indicati nel punto successivo.

In alternativa al sistema con le guaine potrà essere usato un cordone preformato in mastice bituminoso del tipo TOK-BAND a sezione rettangolare, da far aderire con fiamma in corrispondenza al punto d'incontro soletta-coronamento e che si sciolga con il calore stesso dell'impermeabilizzazione.

I bocchettoni in corrispondenza dei fori di scarico per i pluviali dovranno essere fissati a livello della soletta in conglomerato cementizio con degli stucchi epossidici ed il mastice di asfalto dovrà giungere fino al bordo del foro, coprendo cosi i risvolti del bocchettone stesso.

Qualora le condizioni dell'impalcato da impermeabilizzare siano tali da determinare irregolarità o soffiature del manto (umidità eccessiva dei conglomerati cementizi di soletta), dovranno essere adottati tutti quei provvedimenti che la Direzione Lavori prescriverà di volta in volta in relazione allo stato dell'impalcato stesso.

In ogni caso si dovrà avere cura che la temperatura dello strato bituminoso, a contatto del manto impermeabile, all'atto della stesa, sia almeno di 413 K in modo da ottenere la sigillatura di eventuali fori presenti nello strato di mastice d'asfalto.

4.21.2.3 Modalità di preparazione del mastice di asfalto sintetico

La confezione del mastice di asfalto colato verrà eseguita con idonei impianti di mescolamento fissi o mobili, approvati dalla Direzione Lavori, di potenzialità adeguata all'entità del lavoro da eseguire.

Tassativamente si prescrive che il dosaggio del legante, del filler e delle sabbie deve essere fatto a peso.

Per ottenere degli impasti perfettamente omogenei, potrà essere eseguita una delle seguenti procedure, a seconda del tipo di impianto a disposizione:

Procedura 1:

a) premiscelazione degli aggregati, compreso il filler, a temperatura di 483-503 K;

b) aggiunta del bitume nella corretta percentuale, anche esso portato alla temperatura di 423-433 K;

c) mescolazione dell'impasto per almeno 5 min;

d) scarico dell'impasto in una apposita caldaia (cooker) coibentata, munita di sistema di riscaldamento e di apposito agitatore;

e) mescolazione dell'impasto nella caldaia, per un tempo non inferiore a 30 min, alla temperatura di 473-483K onde ottenere l'intima miscela del bitume col filler.

Procedura 2:

a) introduzione nella caldaia del filler e del bitume, dosati separatamente a peso, e miscelazione alla temperatura di 473 K per almeno 30 min, fino ad ottenere l'intima miscelazione del bitume col filler;

b) aggiunta delle sabbie preventivamente asciugate e riscaldate e mescolamento a temperatura di 473-483 K, fino ad ottenere un impasto perfettamente omogeneo ed uniforme.

La procedura da adottare sarà scelta subordinatamente alla preventiva autorizzazione della Direzione Lavori, in ambedue i metodi di confezionamento occorre che le apparecchiatura di riscaldamento siano tali da evitare il contatto diretto di fiamme o gas caldi con i bitumi ed il filler, per non dar luogo ad eccessivi indurimenti o bruciature dei medesimi.

Qualora la confezione non venga fatta sul luogo della messa in opera, il trasporto del mastice verrà effettuato con caldaie mobili (bonze), munite anche esse di agitatore meccanico e apposito impianto di riscaldamento.

4.21.3. Guaine bituminose preformate armate

L'impermeabilizzazione dovrà essere realizzata con guaine preformate bitume-polimero, a base di bitume distillato, plastomeri, elastomeri e armatura in tessuto non tessuto di poliestere puro a filo continuo da non meno di 250 g/m2. Non è ammesso in nessun caso tessuto non tessuto realizzato da cascami o da fiocco

4.21.3.1 Caratteristiche dei materiali e prove di accettazione

Il Contraente Generale dovrà sottoporre preliminarmente alla Direzione Lavori i campioni delle guaine che intende adottare e dei materiali componenti per essere sottoposti, a cura e spese della stessa, alle prove di idoneità che saranno richieste dalla Direzione Lavori.

Qualora dalle prove di cui sopra non risultassero le caratteristiche indicate nel seguito, i materiali saranno rifiutati e il Contraente Generale dovrà allontanarli a sua cura e spese.

4.21.3.2 Primer di adesione al supporto

Il primer di adesione alle superfici in conglomerato cementizio sarà costituito da soluzioni in opportuni solventi selettivi di bitume polimerizzato, a medio punto di rammollimento (P. e A. 358-363 K); sarà additivato con miscele di butadieni, in modo da consentire un aumento del potere adesivo rispetto ai normali bitumi ed un ritardo della evaporazione del solvente, ciò al fine di avere una buona facilità di stesa del primer stesso ed una sua elevata penetrazione nella soletta.

Il primer dovrà essere steso soltanto mediante spazzoloni, su superfici asciutte, prive di residui di lavorazione, oli grassi e polveri, o rese tali. La percentuale di bitume e butadiene presenti nel primer all'atto della stesa sarà compresa tra il 25 ed il 50% in relazione alle condizioni della soletta. La quantità del primer messo in opera sarà compresa tra 350-500 g/m^2.

L'adesione del primer alla soletta non dovrà risultare inferiore a 0,2 MPa misurati in senso perpendicolare a quest'ultima (prova di trazione) a velocità di deformazione costante di 1,27 mm/min e temp. di 293 K (± 5 K).

La viscosità del primer, misurata in "tazza" FORD 4 a 298 K, dovrà essere compresa tra 20 e 25 s (primer con 50 % di residuo secco).

La messa in opera delle guaine dovrà essere effettuata solo dopo completa evaporazione del solvente. Il tempo di essiccazione a 20° con umidità relativa pari al 65% sarà pari a circa 3 ore.

4.21.3.3 Massa bituminosa della guaina

Sarà di tipo plastomerico o elasto-plastomerico. Dovrà essere escluso l'uso di ogni tipo di carica minerale.

La massa bituminosa costituente la guaina dovrà rispondere alle caratteristiche riportate di seguito, da accertare con prove di qualificazione:

- punto di rammollimento P. e A.: ≥ 423 K;
- punto di rottura Frass: 258 K;
- massa volumica del compound < 1,00 kg/dm3;
- penetrabilità DOW a 298 K (con peso 100 g a 299 K): 20 - 30 dmm.

La non rispondenza a quanto sopra comporterà il rifiuto delle guaine.

4.21.3.4 Armatura delle guaine

Sarà costituita da geotessile non tessuto ottenuto da fibre di poliestere a filo continuo coesionato mediante agugliatura ed avente le caratteristiche di seguito riportate, da accertare con prove di qualificazione.

Saranno ammesse anche guaine con armatura mista in geotessile non tessuto in poliestere e rete o velo in fibra di vetro (o altro materiale non putrescibile).

Dalle prove di qualificazione del tessuto non tessuto dovranno risultare i seguenti valori:

- peso (UNI 5114)	> 250 g/m²
- resistenza a trazione su striscia di cm 5 (UNI 8639)	≥ 18 kN/m
- allungamento (UNI 8939)	> 60%
- lacerazione (UNI 8279/9)	≥ 0,5 kN
- punzonamento (UNI 8279/9)	≥ 3 KN

- inalterabilità all'azione anche prolungato di sali, alcali, acidi, idrocarburi e microorganismi
- perfetta adesione ed impregnabilità con la massa bituminosa

4.21.4. Guaina preformata

Le guaine impermeabili preformate dovranno avere l'armatura in posizione asimmetrica rispetto alla massa bituminosa. Le guaine dovranno essere sottoposte preliminarmente a prove dalle quali dovrà risultare la rispondenza ai requisiti sottoelencati (con le tolleranze secondo UEAtc):

- massa areica (UNI 8202/7):	
guaina di spessore non minore di 5 mm	< 5,300 kg/m2
guaina di spessore non minore di 4 mm	< 4,300 kg/m2
- comportamento a trazione (UNI 8202/8):	
resistenza longitudinale	≥ 18 kN/m
resistenza trasversale	≥ 16 kN/m
allungamento a rottura	≥ 50 %
- resistenza alla lacerazione (UNI 8202/9, metodo B):	
longitudinale	0,16 kN
trasversale	0,17 kN
- punzonamento statico (UNI 8202/11):	
classe di resistenza/carico sopportato su sfera ∅ 10 mm	
- su supporto rigido	Ps4 > 25 kg
- su supporto non rigido	Ps4/ > 25 kg
- flessibilità a freddo su mandrino (UNI 8202/15)	-20°
- scorrimento a 343 K (UNI 8202/16)	< 1 mm
- impermeabilità all'acqua (UNI 8202/21)	> 100 kPa
- stabilità di forma a caldo (UNI 8202/18)	≥ 140 °C
- resistenza all'ozono (UNI 8202/28)	nessuna screpolatura dopo la prova

Tali prove dovranno essere ripetute ad ogni richiesta della Direzione Lavori sui materiali approvvigionati in cantiere. Il prelievo dei tasselli per l'esecuzione delle prove verrà effettuato su zone scelte a caso sui campioni inviati in laboratorio o sui materiali in cantiere.

Qualora anche una sola delle prove dia esito negativo la guaina sarà rifiutata e la partita dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese del Contraente Generale.

Le prove elencate necessarie alla qualificazione delle guaine, potranno essere ripetute ad ogni richiesta della Direzione Lavori sui materiali effettivamente messi in opera.

Il prelievo dei tasselli per l'esecuzione delle prove verrà effettuato su zone scelte a caso sul campione inviato o ricostituito in laboratorio, o sui materiali in cantiere.

4.21.4.1 Modalità di posa in opera e prove sul prodotto finito

Per le modalità di preparazione delle solette valgono le prescrizioni dei precedenti punti.

Le guaine saranno incollate, previa fusione con fiamma, al primer steso in precedenza, curando la perfetta adesione in ogni punto e la tenuta dei giunti (sormonti) di costruzione.

I teli saranno posati con sormonto di 10cm longitudinalmente e 15cm trasversalmente, saldati a fiamma di gas propano al piano di posa e quindi

risvoltati verso l'alto sui cordoli ed incollati a fiamma sulle parti verticali e/o orizzontali per una lunghezza di almeno 15cm misurata a partire dalla pavimentazione carrabile. Il lembo esterno della guaina sarà infine saldato al cls a mezzo di mastice bituminoso.

In corrispondenza del punto d'incontro soletta-cordolo sarà curata la sede di appoggio della guaina creando un cordone d'angolo in cls o in malta di lato pari a 5,00cm.

Ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori, verrà adottato uno dei metodi di posa in opera di seguito descritti:

metodo di posa n°1:

da adottare indicativamente nel caso di solette lisce, regolari, ben asciutte e stagionate, con temperatura media diurna dell'aria non minore di 10°C.

La guaina del tipo preformato dello spessore non inferiore a 4 mm, armata con geotessile non tessuto in poliestere, verrà posta in opera direttamente sul primer di attacco alla soletta.

metodo di posa n° 2:

da adottare indicativamente nel caso di solette con superfici scatolari o irregolari e/o umide o ancora non perfettamente stagionate, con temperatura media diurna dell'aria minore di 10°C.

La guaina del tipo preformato dello spessore non inferiore a 4 mm e di larghezza minima di 1,00 m, armata con geotessile non tessuto in poliestere, verrà posta in opera previa spalmatura, sul primer di attacco alla soletta, di 1,00 kg/m² di materiale bituminoso avente le stesse caratteristiche di quello formante la guaina.

In ambedue i casi descritti la adesione della guaina al primer non dovrà essere inferiore a quella di quest'ultimo alla soletta.

Il manto dovrà essere transitabile, senza distacchi e perforazioni, dal normale traffico di cantiere (escluso quello cingolato) e dovrà risultare impermeabile, dopo la stesa su di esso dei conglomerati bituminosi, sotto una pressione di 1,00 MPa in permeametro, a 333 K per 5 h, anche nelle zone di giunto.

4.21.5. Manto di impermeabilizzazione continuo realizzato in opera con bitume modificato con elastomeri ed armato con tessuto non tessuto

4.21.5.1 Materiali

Il manto impermeabile continuo sarà costituito dai seguenti materiali:

-Primer, dovrà essere impiegato bitume con modifica tipo "soft" spruzzato a caldo a temperature non inferiori a 453K (± 10 K), le cui caratteristiche sono riportate nelle presenti Norme (pavimentazioni in conglomerato bituminoso).

-Legante, sarà costituito da doppio strato si bitume modificato con polimeri di tipo C, le cui caratteristiche sono riportate nelle presenti Norme (pavimentazioni in conglomerato bituminoso). Il primo strato sarà sottoposto all'armatura e dovrà avere spessore non inferiore a 2,00mm in alcun punto. Il secondo strato sarà sovrapposto all'armatura e dovrà avere spessore non inferiore a 1,00mm in alcun punto.

-Armatura, sarà costituita da tessuto non tessuto in poliestere o polipropilene coesionato mediante agogliatura meccanica, calandrato e stabilizzato ai raggi UV. Non è ammesso in nessun caso tessuto non tessuto realizzato da cascami o da fiocco.

Le caratteristiche del geotessile dovranno essere:

- Peso del tessuto non tessuto ≥ 200 g/m²;
- Resistenza alla rottura per trazione e allungamento a rottura, a 293 K non inferiore a 400 N (ASTM-D 1682);
- Perfetta adesione ed impregnabilità con le masse bituminose descritte in precedenza.

I sormonti dell'armatura saranno non inferiori a 15,00cm.

4.21.5.2 Modalità esecutive

Si provvederà al fine di garantire una perfetta adesione tra manto impermeabile e supporto, alla stesa del primer applicato mediante spruzzo "airless" e con adeguata apparecchiatura.

Sulla superficie così pretrattata verrà realizzato il manto impermeabile costituito da una armatura di tessuto non tessuto applicato sulla mano di legante steso in precedenza, nella quantità minima di 1,0÷1,5 kg/m², curando la perfetta adesione in ogni punto e la tenuta dei giunti (sormonti) di costruzione.

Successivamente, dopo la stesa del tessuto non tessuto, verrà applicata una seconda mano di legante. La sua adesione al primer non dovrà essere inferiore a quella di quest'ultimo alla soletta.

Il manto dovrà essere transitabile, senza distacchi e perforazioni, dal normale traffico di cantiere (escluso quello cingolato) e dovrà risultare impermeabile dopo la stesa e la compattazione su di esso dei conglomerati bituminosi, sotto una pressione di 1 MPa in permeametro, a 333 K, per 5 h, anche nelle eventuali zone di giunto.

4.21.6. Vernici bicomponenti in catrame e resine epossidiche

Sistema protettivo a base di vernici reattive bicomponenti a base di una combinazione di catrame, carbon fossile, resine epossidiche e sostanze minerali di impalcati in acciaio a piastra ortotropa.

4.21.6.1 Pianificazione

Prima di iniziare i lavori sul campo, il Contraente Generale è tenuto a redigere una serie di documenti che costituiranno il supporto tecnico per l'esecuzione del lavoro.

Tali documenti avranno i seguenti contenuti:

Materiali

Verrà prodotta una lista dei materiali da impiegare per l'esecuzione delle varie lavorazioni. Tale lista sarà integrata dalle relative schede tecniche per materiali da acquistare confezionati e sottoposti ad approvazione da parte del direttore dei lavori.

Attrezzature

Verrà prodotta una lista delle attrezzature che il Contraente Generale intenderà introdurre ed utilizzare nel cantiere per la realizzazione del lavoro per ogni sua fase, ne verranno indicate le marche, la condizione, ed i tempi di reperibilità dei pezzi di ricambio.

Organizzazione

Verrà presentato un dettagliato modus operandi per l'esecuzione del lavoro nelle sue varie fasi, con riferimento alla composizione delle squadre, alla produttività delle macchine, alle condizioni di lavoro in relazione alle caratteristiche climatiche ed ambientali, ed ai tempi di produzione, trasporto, lavorazione o messa in opera dei materiali.

Controllo di Qualità

Verrà instaurato un sistema di controllo qualità che fornirà elementi in merito a:

Procedure di qualificazione materiali.

Procedure operative

Procedure d'ispezione

Procedure di rintracciabilità

Al termine di tutti questi adempimenti verrà redatto un programma lavori che tenga presente le condizioni di installazione e funzionalità del cantiere, modus operandi, rate di produzione, avanzamenti.

4.21.7. Impermeabilizzazione bentonitica

Sistema impermeabilizzante pre-getto costituito da teli di dimensioni 1,10 x 5 m, o 2,50 x 30 m, o 5 x 27 m, spessore mm 6,4 (a secco, EN 964/1) costituiti dall'accoppiamento di un tessuto non tessuto e di un tessuto poroso meccanicamente assemblati con un sistema di agugliatura ed uniformemente riempiti con 4,88 kg/m² (pr EN 14196) di Bentonite di Sodio Naturale.

La posa in opera dovrà rispettare un sormonto minimo di 10 cm tra i teli, sfalsando i sormonti adiacenti di almeno 30 cm e mantenendo le sovrapposizioni ad una distanza minima di 25 cm dalle riprese di getto più vicine. Il prodotto dovrà essere fissato con chiodi d'acciaio e rondelle in polietilene, con frequenza di almeno 1 punto ogni 30 cm.

4.21.7.1 Caratteristiche tecniche

La bentonite contenuta nella membrana dovrà essere sodica naturale, allo stato secco, possedere un contenuto di montmorillonite superiore all'80%, avere limite di liquidità pari a 520% ed un'espansione > 20 cc (ASTM D 5890).

La membrana autoagganciante dovrà avere resistenza a trazione di 7 KN/m (EN ISO 10319), essere flessibile a bassa temperatura sino a – 32°C (ASTM D 1970) ed il sistema dovrà garantire, successivamente all'esecuzione dei getti, un coefficiente di permeabilità (ASTM D 5084) ≤2 · E-9 cm/s, un perfetto aggancio al calcestruzzo tale da offrire una resistenza allo spellamento uguale o superiore a 4,0 KN/m (ASTM D903) per ottenere l'autoconfinamento della bentonite ed una resistenza idrostatica pari o superiore a 70 m (ASTM D 5385) di colonna d'acqua.

4.21.8. SPECIFICHE DI CONTROLLO

Prima di procedere alle operazioni di posa in opera delle impermeabilizzazioni, il Contraente Generale dovrà presentare alla D.L. la documentazione relativa alle certificazioni delle prove di prequalifica, in accordo a quanto indicato nel presente articolo.

La documentazione dovrà essere trasmessa alla D.L. prima della messa in opera dell'impermeabilizzazione.

4.21.8.1 Prove di accettazione

Tali prove saranno effettuate in sede di prequalifica, e durante la posa in opera per ogni 4000 m² di manto realizzato con il minimo di almeno 1 prova per ogni opera d'arte o manufatto. Tali prove potranno essere ripetute ad ogni richiesta della Direzione Lavori sui materiali approvvigionati in cantiere.

4.21.8.2 Controlli sulla posa in opera

Durante le fasi di posa in opera, che avverrà secondo le indicazioni riportate nel presente articolo, si dovranno effettuare i controlli indicati nei precedenti capitoli, nonché dei controlli di seguito riportati. Gli esiti e le certificazioni di queste verifiche dovranno essere riportati in apposito registro.

A) **Manti realizzati in opera**

- verifica delle condizioni ambientali;- verifica della pulizia delle superfici di applicazione;

- verifica della omogeneità di distribuzione del mastice;

- verifica delle certificazioni , di cui al corrispondente punto per i materiali impiegati;

- verifica degli spessori;

- verifica della miscela alla composizione prevista.

B) **Manti in guaine preformate**

- verifica delle condizioni ambientali;

- verifica della pulizia e regolarizzazione delle superfici delle superfici di applicazione;

- verifica della omogeneità di distribuzione del primer;

- verifica delle certificazioni , di cui al corrispondente punto per i materiali impiegati;- verifica degli spessori.

Al fine di verificare la corretta adesione della guaina al cls, la Direzione Lavori potrà ordinare, a suo insindacabile giudizio, prove di adesione eseguite sul manto impermeabile prima della formazione della pavimentazione. Le prove saranno effettuate in presenza della DL..

Le prove saranno eseguite in ragione di almeno una ogni 4 campate a scelta della DL (con un minimo di una prova per opere con meno di 4 campate).

La prova consiste nello strappo di 6 piastrine metalliche di diametro compreso tra 5,00 e 10,00cm. Le piastrine saranno incollate in punti scelti dalla DL ubicati su un reticolo cartesiano di lato non inferiore a 200cm. L'adesione delle piastrine al manto sarà ottenuta a mezzo di resine epossidiche, previa accurata pulizia del manto e sabbiatura della piastrina. Il manto sarà tagliato lungo la circonferenza delle piastrine dopo la presa del collante e prima dell'esecuzione della prova.

La prova avrà esito positivo se:

- ogni punto di prova avrà adesioni superiori a 0,80 kg/cm^2
- il valor medio di tutte lo prove dovrà essere superiore a 1,00 kg/cm^2.

In caso di fallimento della prova sarà richiesto di ripetere una seconda prova. Se anche la seconda prova risultasse non superata si procederà alla demolizione e rifacimento dell'impermeabilizzazione per la campata in esame e si ripeteranno le prove per le campate adiacenti non investigate con le stesse modalità di accettazione.

Al termine della prova le aree distaccate dovranno essere ripristinate con colata di asfalto fino all'estradosso del manto e successivamente con un rappezzo di guaina 40x40cm applicata a caldo.

Le prove e gli eventuali ripristini e demolizioni della impermeabilizzazione, nonché i ripristini della impermeabilizzazione sottoposta a test, saranno a cura ed onere del Contraente Generale.

4.22. ACCIAIO PER C.A. E C.A.P.

4.22.1. Generalità

Gli acciai per armature di c.a. e c.a.p. debbono corrispondere ai tipi ed alle caratteristiche stabilite dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 5/11/1971 n. 1086 (D.M. in vigore).

Le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova sono quelle previste dal citato D.M. in vigore.

L'unità di collaudo per acciai in barre tonde lisce ed in barre ad aderenza migliorata è costituita dalla partita del peso max di 25 t; ogni partita minore di 25 t deve essere considerata unità di collaudo indipendente.

L'unità di collaudo per acciai per c.a.p. è costituita dal lotto di spedizione del peso max di 30 t spedito in un'unica volta e composta da prodotti aventi grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione).

Ogni carico di acciaio giunto in cantiere dovrà essere corredato dal certificato d'origine fornito dalla ferriera, riportante gli estremi del documento di trasporto. Qualora così non fosse, tutto il carico sarà rifiutato ed immediatamente allontanato, a cura e spese dell'Impresa, dal cantiere stesso.

4.22.2. Acciaio in barre ad aderenza migliorata - Fe B 38k, Fe B 44k - controllato in stabilimento

Ogni partita di acciaio in barre ad aderenza migliorata (Fe B 38K e Fe B 44K), controllata in stabilimento, sarà sottoposta a controllo in cantiere prelevando almeno 3 spezzoni con la frequenza stabilita dal Direttore dei Lavori.

I campioni saranno prelevati in contraddittorio ed inviati a cura ed a spese dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, ad un Laboratorio Ufficiale.

Di tale operazione dovrà essere redatto apposito verbale controfirmato dalle parti.

La Direzione Lavori darà benestare per la posa in opera delle partite sottoposte all'ulteriore controllo in cantiere soltanto dopo che avrà ricevuto il relativo certificato di prova e ne avrà constatato l'esito positivo.

Nel caso di esito negativo si procederà come indicato nel D.M. in vigore.

Se anche dalla ripetizione delle prove risulteranno non rispettati i limiti richiesti, la Direzione Lavori dichiarerà la partita non idonea e l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese ad allontanarla dal cantiere.

4.22.3. Reti in barre di acciaio elettrosaldate

Le reti saranno in barre del tipo Fe B 44k, controllate in stabilimento, di diametro compreso tra 4 e 12 mm, con distanza assiale non superiore a 35 cm.

Dovrà essere verificata la resistenza al distacco offerta dalla saldatura del nodo, come indicato nel DM in vigore.

Per il controllo delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura si richiamano le norme di cui al precedente punto.

4.22.4. Zincatura a caldo degli acciai

4.22.4.1 Qualità degli acciai da zincare a caldo

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

Inoltre gli acciai ad aderenza migliorata dovranno avere garanzia di saldabilità e composizione chimica conforme ai valori di cui al Prospetto I della Norma UNI 6407/88 per gli acciai di qualità Fe B 400 S e Fe B 500 S.

4.22.5. Zincatura a caldo per immersione

4.22.5.1 Trattamento preliminare

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

4.22.5.2 Immersione in bagno di zinco

Dovrà essere impiegato zinco vergine o di prima fusione in pani da fonderia, corrispondente alla designazione Zn 99,99 delle Norme UNI 2013/74, avente contenuto minimo di zinco del 99,99%.

Il bagno di zinco fuso dovrà avere temperatura compresa tra 710÷723 K; in nessun caso dovrà essere superata la temperatura massima di 730 K.

Il tempo di immersione delle barre nel bagno di zinco sarà variabile in funzione del loro diametro e del peso del rivestimento in zinco, che non dovrà mai discostarsi di +10% dalla quantità di 610 g/m² di superficie effettivamente rivestita, corrispondente ad uno spessore di 85 µm ±10%.

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

4.22.6. Finitura ed aderenza del rivestimento

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

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

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

4.22.7. Verifiche

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

Oltre alle prove previste ai precedenti punti, dirette a verificare la resistenza dei materiali, dovranno essere effettuate anche le prove di seguito descritte, per verificare la rispondenza del trattamento di zincatura alle prescrizioni delle presenti Norme Tecniche. In primo luogo la Direzione Lavori procederà in contraddittorio con l'Impresa ad un'accurata ispezione visiva della partita per accertare lo stato della zincatura.

In presenza di zone scoperte o di altre irregolarità superficiali le partite saranno rifiutate e l'Impresa dovrà allontanarle dal cantiere a sua cura e spese.

Dovrà essere verificato il peso dello strato di zincatura mediante differenza di massa tra il campione zincato e lo stesso dopo la dissoluzione dello strato di zincatura (metodo secondo Aupperle) secondo la Norma UNI 5741/66.

Da ciascuna partita saranno prelevati 9 campioni casuali: sarà determinato il peso medio del rivestimento di zinco su tre dei campioni prelevati; se risulterà uguale o superiore a 610 g/m² ±10% la partita sarà accettata.

In caso contrario la prova sarà estesa agli altri 6 campioni: se anche per questi ultimi il peso medio del rivestimento risulterà inferiore a 610 g/m² -10% la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell'Impresa.

La verifica della uniformità dello strato di zincatura sarà effettuata mediante un minimo di 5 immersioni, ciascuna della durata di un minuto, dei campioni in una soluzione di solfato di rame e acqua distillata (metodo secondo Preece) secondo la Norma UNI 5743/66.

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

Se dopo 5 immersioni ed il successivo lavaggio non si avrà nell'acciaio alcun deposito di rame aderente metallico e brillante, la partita sarà accettata.

In caso contrario la prova sarà estesa agli altri 6 campioni:

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

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

4.22.8. Certificazioni

Il produttore, oltre ai controlli sistematici, con prove di qualificazione e di verifica della qualità, di cui all'Allegato 4 delle Norme di cui al DM in vigore dovrà presentare per ogni partita la certificazione attestante che la zincatura è stata realizzata secondo le specifiche che precedono.

La Direzione Lavori si riserva di effettuare controlli presso lo stabilimento dove è effettuato il trattamento di zincatura.

4.22.9. Lavorazione

Il trattamento di zincatura a caldo potrà essere effettuato prima o dopo la lavorazione e piegatura delle barre, salvo diversa prescrizione che la Direzione Lavori si riserva d'impartire in corso d'opera.

Quando la zincatura è effettuata prima della piegatura, eventuali scagliature del rivestimento di zinco nella zona di piegatura ed i tagli dovranno essere trattati con ritocchi di primer zincante organico bicomponente dello spessore di 80÷100 µm.

4.22.10. Acciai inossidabili

Gli acciai inossidabili per armature di c.a. dovranno essere di tipo austentico ed avere un basso contenuto di carbonio; gli stessi secondo la classificazione AISI, saranno identificabili con le sigle 304L e 316L.

Il tipo di acciaio inox da utilizzarsi sarà stabilito nel progetto.

Le caratteristiche minime, chimiche e meccaniche degli acciai inossidabili per c.a. sono indicate nelle seguenti tabelle 1n e 2n:

TABELLA **1n** (caratteristiche chimiche)

Sigla AISI	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo
304L	≤ 0,03%	≤ 2,0%	≤ 1,0%	≤ 0,045%	≤ 0,03%	18 ÷ 20	8 ÷ 12	-
316L	≤ 0,03%	≤ 2,0%	≤ 1,0%	≤ 0,045%	≤ 0,03%	18 ÷ 20	8 ÷ 12	2 ÷ 3

TABELLA **2n** (caratteristiche meccaniche)

Sigla AISI	Ftk MPa	Ftk MPa	A 5 %	HRB
304L	≥ 540	≥ 430	≥ 12	≥ 79

316L	≥ 540	≥ 430	≥ 12	≥ 79

Dovranno inoltre risultare positivi gli esiti delle seguenti prove:

- piegamento e raddrizzamento su mandrino;
- indice di aderenza eseguito secondo il metodo "Beam Test".

Le giunzioni tra le barre dovranno essere realizzate tramite l'impiego di manicotti filettati, anch'essi in acciaio inox, avente le stesse caratteristiche delle barre sottoposte ad unione.

Tutti gli acciai inossidabili approvvigionati, dovranno essere provvisti di certificazione d'origine, attestante le caratteristiche chimiche e meccaniche del materiale; ad ogni carico giunto in cantiere la Direzione Lavori provvederà ad effettuare il prelievo di una campionatura per ogni diametro, che sarà inviato ad un laboratorio per le prove, di cui all'art. 20 della Legge 5 novembre 1971 n. 1086.

4.22.11. Acciaio per c.a.p.

4.22.12. Fili, barre, trefoli

L'acciaio per c.a.p. deve essere controllato in stabilimento per lotti di fabbricazione, secondo le norme di cui al D.M. in vigore. Tutte le forniture dovranno essere accompagnate da certificati di laboratori ufficiali e dovranno essere munite di un sigillo sulle legature con il marchio del produttore.

Rotoli e bobine di fili, trecce e trefoli provenienti da diversi stabilimenti di produzione devono essere tenuti distinti: un cavo non dovrà mai essere formato da fili, trecce o trefoli provenienti da stabilimenti diversi.

I fili di acciaio dovranno essere del tipo autoraddrizzante e non dovranno essere piegati durante l'allestimento dei cavi.

Le legature dei fili, trecce e trefoli costituenti ciascun cavo dovranno essere realizzati con nastro adesivo ad intervallo di 70 cm.

Allo scopo di assicurare la centratura dei cavi nelle guaine si prescrive l'impiego di una spirale costituita da una treccia di acciaio armonico del diametro di 6 mm, avvolta intorno ad ogni cavo con passo di 80÷100 cm.

I filetti delle barre e dei manicotti di giunzione dovranno essere protetti fino alla posa in opera con prodotto antiruggine privo di acidi.

Se l'agente antiruggine è costituito da grasso, è necessario sia sostituito con olio prima della posa in opera per evitare che all'atto dell'iniezione gli incavi dei dadi siano intasati di grasso.

Nel caso sia necessario dare alle barre una configurazione curvilinea, si dovrà operare soltanto a freddo e con macchina a rulli.

All'atto della posa in opera gli acciai devono presentarsi privi di ossidazione, corrosione e difetti superficiali visibili.

Ogni partita di acciaio controllata in stabilimento, sarà sottoposta a controllo in cantiere prelevando almeno 3 spezzoni con la frequenza stabilita dal Responsabile del Controllo Qualità Materiali in accordo con il Direttore dei Lavori.

I campioni saranno prelevati in contraddittorio ed inviati a cura ed a spese dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, ad un Laboratorio Ufficiale. Di tale operazione dovrà essere redatto apposito verbale controfirmato dalle parti.

La Direzione Lavori darà benestare per la posa in opera dei lotti di spedizione sottoposti all'ulteriore controllo in cantiere soltanto dopo che avrà ricevuto il relativo certificato di prova e ne avrà constatato l'esito positivo.

Nel caso di esito negativo si procederà come indicato nel D.M. in vigore.

Se anche dalla ripetizione delle prove risulteranno non rispettati i limiti richiesti, la Direzione Lavori dichiarerà la partita non idonea e l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese ad allontanarla dal cantiere.

4.22.13. Cavo inguainato monotrefolo

Dovrà essere di tipo compatto, costituito da trefolo in fili di acciaio a sezione poligonale, controllati in stabilimento, rivestito con guaina tubolare in polietilene ad alta densità, intasata internamente con grasso anticorrosivo ad alta viscosità, stabile ed idoneo all'uso specifico.
Le caratteristiche dell'acciaio, i controlli, lo spessore della guaina dovranno essere conformi a quanto previsto nelle presenti Norme Tecniche e a quanto riportato negli elaborati di progetto.
L'Impresa dovrà sottoporre alla preventiva approvazione della Direzione Lavori il sistema proposto per l'ingrassaggio, l'infilaggio e l'eventuale sostituzione dei trefoli.

4.22.14. Ancoraggi dell'armatura di precompressione

Gli ancoraggi terminali dell'armatura di precompressione dovranno essere conformi ai disegni di progetto, composti essenzialmente da piastre di ripartizione e apparecchi di bloccaggio.

Per i cavi inguainati monotrefolo le piastre di ripartizione dovranno essere in acciaio zincato, a tenuta stagna; i cappellotti di protezione terminali dovranno essere zincati e provvisti di guarnizione in gomma antiolio, da calzare sui cilindretti e fissare con viti zincate ai terminali riempiti con grasso dopo la tesatura dei trefoli.

4.22.15. Acciai provenienti dall'estero

L'accettazione di prodotti provenienti dall'estero è subordinata al rispetto da parte dei produttori delle stesse procedure previste per i controlli in stabilimento dei prodotti nazionali.
Per i prodotti provenienti da paesi della Comunità Economica Europea, nei quali sia in vigore una certificazione di idoneità tecnica riconosciuta dalle rispettive autorità competenti, l'accettazione è subordinata, in alternativa, al riconoscimento dell'equivalenza della procedura adottata nel paese di origine da parte del Ministero dei Lavori Pubblici.
Per le caratteristiche degli acciai ed i controlli in cantiere, si richiama quanto precedentemente stabilito nelle presenti Norme Tecniche.

4.23. ACCIAIO PER CARPENTERIA

Nel presente progetto è previsto l'utilizzo dei seguenti acciai:

S355	acciaio per impalcati metallici da ponte, grado D
S275	palancolati metallici

4.23.1. Generalità

L'Impresa sarà tenuta all'osservanza delle Norme Tecniche della legge 05/11/1971 n. 1086 «Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, e per le strutture metalliche» (DM in vigore); della legge 02/02/1974 n. 64 «Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche» (D.M. 19/06/1984, D.M. 29/01/1985, D.M.LL.PP 24/01/1986, D.M. 04/05/1986 e relative istruzioni) e di tutte le leggi e Decreti Ministeriali inerenti le Norme di costruzione di manufatti in zona sismica.

Per quanto applicabili e non in contrasto con le suddette Norme, si richiamano qui espressamente anche le seguenti Norme UNI:

- UNI 7070/82 relativa ai prodotti laminati a caldo di acciaio non legato di base e di qualità;
- UNI 10011/88 relativa alle costruzioni in acciaio, recante istruzioni per il calcolo, l'esecuzione e la manutenzione.

I materiali impiegati nella costruzione di strutture in acciaio dovranno essere «qualificati»; la marcatura dovrà risultare leggibile ed il produttore dovrà accompagnare la fornitura con l'attestato di controllo e la dichiarazione che il prodotto è qualificato.

Prima dell'approvvigionamento dei materiali da impiegare l'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori, in copia riproducibile, i disegni costruttivi di officina delle strutture, nei quali, in conformità a quanto riportato negli elaborati forniti dal Progettista, dovranno essere completamente definiti tutti i dettagli di lavorazione, ed in particolare:

- i diametri e la disposizione dei chiodi e dei bulloni, nonché dei fori relativi;
- le coppie di serraggio dei bulloni ad alta resistenza;
- le classi di qualità delle saldature;
- il progetto e le tecnologie di esecuzione delle saldature e specificatamente: le dimensioni dei cordoni, le caratteristiche dei procedimenti, le qualità degli elettrodi;
- gli schemi di montaggio e controfrecce di officina;
- la relazione di calcolo in cui devono essere indicate le modalità di montaggio dell'opera e specificato il funzionamento statico della struttura nelle diverse fasi di montaggio.

Sui disegni costruttivi di officina dovranno essere inoltre riportate le distinte dei materiali nelle quali sarà specificato numero, qualità, tipo di lavorazione, grado di finitura, dimensioni e peso teorico di ciascun elemento costituente la struttura. L'Impresa dovrà, inoltre, far conoscere per iscritto, prima dell'approvvigionamento dei materiali da impiegare, la loro provenienza con riferimento alle distinte di cui sopra.

È facoltà della Direzione Lavori di sottoporre il progetto delle saldature e le loro tecnologie di esecuzione alla consulenza dell'Istituto Italiano della Saldatura o di altro Ente di sua fiducia.

La Direzione Lavori stabilirà il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire sulle saldature, sia in corso d'opera che ad opera finita, in conformità a quanto stabilito dal D.M. in vigore e tenendo conto delle eventuali raccomandazioni dell'Ente di consulenza.

Consulenza e controlli saranno eseguiti dagli Istituti indicati dalla Direzione Lavori; i relativi oneri saranno a carico dell'Impresa.

4.23.2. Collaudo tecnologico dei materiali

Tutti i materiali destinati alla costruzione di strutture in acciaio dovranno essere collaudati a cura e spese dell'Impresa e sotto il controllo della Direzione Lavori, prima dell'inizio delle lavorazioni.

A tale scopo è fatto obbligo all'Impresa di concordare in tempo utile con la Direzione Lavori la data di esecuzione di ciascuna operazione di collaudo.

Le prove sui materiali si svolgeranno presso i Laboratori Ufficiali indicati dalla Direzione Lavori.

La Direzione Lavori potrà, a suo insindacabile giudizio, autorizzare l'effettuazione delle prove presso i laboratori degli stabilimenti di produzione, purché questi siano forniti dei mezzi e delle attrezzature necessarie, tarate e controllate da un Laboratorio Ufficiale, ai sensi dell'art. 20 della legge 05/11/1971 n. 1086.

L'entità dei lotti da sottoporre a collaudo, il numero e le modalità di prelievo dei campioni, saranno di regola conformi alle norme UNI vigenti per i singoli materiali.

La Direzione Lavori ha comunque la facoltà di prelevare in qualunque momento della lavorazione campioni di materiali da sottoporre a prova presso laboratori di sua scelta per verificarne la rispondenza alle Norme di accettazione ed ai requisiti di progetto.

Tutti gli oneri relativi sono a carico dell'Impresa.

Si precisa che tutti gli acciai dei gradi B, C, D, da impiegare nelle costruzioni dovranno essere sottoposti, in sede di collaudo tecnologico, al controllo della resilienza.

Per ogni operazione di collaudo sarà redatto, a cura e spese dell'Impresa, apposito verbale, che sarà firmato dalla Direzione Lavori e dall'Impresa.

Di questo verbale sarà consegnato l'originale alla Direzione Lavori.

Un'altra copia sarà conservata dall'Impresa che avrà l'obbligo di esibirla a richiesta della Direzione Lavori, come specificato al successivo paragrafo.

4.23.3. Controlli in corso di lavorazione

L'Impresa è tenuta ad avvertire la Direzione Lavori dell'arrivo nella sua officina dei materiali collaudati che saranno impiegati nella costruzione delle strutture in acciaio.

L'Impresa dovrà essere in grado di individuare e documentare in ogni momento la provenienza dei materiali impiegati nelle lavorazioni e di risalire ai corrispondenti verbali di collaudo tecnologico, dei quali dovrà esibire la copia a richiesta della Direzione Lavori.

In particolare, per ciascun manufatto composto con laminati, l'Impresa dovrà redigere una distinta contenente i seguenti dati:

- posizioni e marche d'officina costituenti il manufatto (con riferimento ai disegni costruttivi di cui al precedente titolo "Generalità");
- numeri di placca e di colata dei laminati costituenti ciascuna posizione e marca di officina;
- estremi di identificazione dei relativi documenti di collaudo.

Per ciascuna opera singola o per il prototipo di ciascuna serie di opere è prescritto il premontaggio in officina.

La Direzione Lavori dovrà inoltre procedere alla verifica del controllo del peso delle reazioni vincolari.

Alla Direzione Lavori è riservata comunque la facoltà di eseguire in ogni momento della lavorazione tutti i controlli che riterrà opportuni per accertare che i materiali impiegati siano quelli collaudati, che le strutture siano conformi ai disegni di progetto e che le stesse siano eseguite a perfetta regola d'arte.

In particolare l'Impresa dovrà attenersi alle seguenti disposizioni:

- il raddrizzamento e lo spianamento, quando necessari, devono essere fatti preferibilmente con dispositivi agenti per pressione.

  Possono essere usati i riscaldamenti locali (caldo), purché programmati in modo da evitare eccessive concentrazioni di tensioni residue e di deformazioni permanenti;

- è ammesso il taglio a ossigeno purché regolare.

I tagli irregolari devono essere ripassati con la smerigliatrice;

- negli affacciamenti non destinati alla trasmissione di forze possono essere tollerati giochi da 2 a 5 mm di ampiezza, secondo il maggiore o minore spessore del laminato;

- i pezzi destinati ad essere chiodati o bullonati in opera devono essere montati in modo da poter riprodurre nel montaggio definitivo le posizioni stesse che avevano in officina all'atto dell'esecuzione dei fori;

- non sono ammesse al montaggio in opera eccentricità, relative a fori corrispondenti, maggiori del gioco foro-chiodo (o bullone) previste dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 5/11/1971 n. 1086 (D.M. in vigore).

  Entro tale limite è opportuna la regolarizzazione del foro con utensile adatto;

- l'uso delle spine d'acciaio è ammesso, in corso di montaggio, esclusivamente per richiamare i pezzi nella giusta posizione;

- i fori per chiodi e bulloni devono essere eseguiti col trapano con assoluto divieto dell'uso della fiamma e presentare superficie interna cilindrica liscia e priva di screpolature e cricche; per le giunzioni con bulloni (normali e ad alta resistenza), le eventuali sbavature sul perimetro del foro dovranno essere asportate mediante molatura locale;

- di regola si dovranno impiegare bulloni sia normali che ad alta resistenza dei seguenti diametri: D = 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 27 mm;

- i bulloni ad alta resistenza non dovranno avere il gambo filettato per l'intera lunghezza; la lunghezza del tratto non filettato dovrà essere in generale maggiore di quella delle parti da serrare e si dovrà sempre far uso di rosette sotto la testa e sotto il dado; è tollerato che non più di mezza spira del filetto rimanga compresa nel foro;

- nelle unioni di strutture normali o ad attrito che potranno essere soggette a vibrazioni od inversioni di sforzo, dovranno essere sempre impiegati controdadi, anche nel caso di bulloni con viti 8.8 e 10.9.

4.23.4. Montaggio

L'Impresa sottoporrà al preventivo benestare della Direzione Lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando la piena responsabilità dell'Impresa stessa per quanto riguarda l'esecuzione delle operazioni di montaggio, la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle.

Il sistema prescelto dovrà essere comunque atto a consentire la realizzazione della struttura in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.

Nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Impresa è tenuta a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente fossero 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, e tramvie, ecc.;

- per le interferenze con servizi di soprassuolo e di sottosuolo.

Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito e il montaggio delle strutture, si dovrà porre la massima cura per evitare che siano deformate o soprasollecitate.

Le parti a contatto con funi, catene ed altri organi di sollevamento dovranno essere opportunamente protette, tenuto conto tra l'altro che tutte le strutture, prima di essere trasferite a piè d'opera, devono essere trattate in officina con sabbiatura ed una mano di primer. Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto.

In particolare, per quanto riguarda le strutture a travata, si dovrà controllare che la contro-freccia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio siano conformi alle indicazioni di progetto, rispettando le tolleranze previste.

La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui.

Nei collegamenti con bulloni si dovrà procedere alla alesatura di quei fori che non risultino centrati e nei quali i bulloni previsti in progetto non entrino liberamente.

Se il diametro del foro alesato risulta superiore al diametro nominale del bullone oltre la tolleranza prevista dal D.M. in vigore, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con uno di diametro superiore.

Le superfici di contatto al montaggio, nei collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza devono presentarsi pulite, prive di olio, vernice, scaglie di laminazione, macchie di grasso e sabbiate a metallo bianco non più di due ore prima dell'unione.

È ammesso il serraggio dei bulloni con chiave idraulica purché questo sia controllato con chiave dinamometrica, la cui taratura dovrà risultare da certificato rilasciato da Laboratorio Ufficiale in data non anteriore a tre mesi.

Per ogni unione con bulloni l'Impresa effettuerà, alla presenza della Direzione Lavori, un controllo di serraggio sul numero di bulloni indicato dalla Direzione Lavori e comunque non inferiore al 10% del totale ed in ogni caso su non meno di quattro; se anche un solo bullone non rispondesse alle prescrizioni di serraggio, il controllo dovrà essere esteso a tutti i bulloni.

Dopo il completamento della struttura e prima della esecuzione della prova di carico, l'Impresa dovrà effettuare la ripresa della coppia di serraggio di tutti i bulloni costituenti le unioni dandone preventiva comunicazione alla Direzione Lavori.

Per i cavalcavia l'assemblaggio ed il montaggio in opera delle strutture dovrà essere effettuato senza che sia interrotto il traffico sulla sede autostradale, salvo brevi interruzioni durante le operazioni di sollevamento, da concordare con la Direzione Lavori.

4.23.5. Strutture portanti

Le strutture portanti (pilastri, travi, ecc.), di qualsiasi sezione e dimensione anche composte a traliccio, comprendono anche la bulloneria, le piastre, i collegamenti strutturali e gli ancoraggi anche con impiego di malte reoplastiche antiritiro, le opere murarie.

Le strutture di ponti e viadotti potranno essere realizzate con acciai non legati secondo norma UNI-EN 1025-2/05 con successivo trattamento protettivo, o con impiego di acciai resistenti alla corrosione atmosferica secondo norma UNI-EN 10025-5/05 CORTEN

Le superfici degli acciai saranno finite mediante:

- superficie naturale in vista per acciai CORTEN
- sabbiatura di grado Sa 2 1/2 delle SVENSK STANDARD SIS e verniciatura a due mani con ciclo "A";
- sabbiatura di grado Sa 2 1/2 delle SVENSK STANDARD SIS e verniciatura a tre mani con ciclo "B";
- zincatura a caldo a lavorazione ultimata dei singoli componenti, sgrassatura e verniciatura ad una mano con ciclo "C";
- zincatura a caldo a lavorazione ultimata dei singoli componenti, sgrassatura e verniciatura a tre mani con ciclo "D".

Le strutture saranno realizzate nei colori, tipologie e dimensioni come indicate in progetto.

4.23.6. Verniciature

4.23.6.1 Generalità

Tutte le superfici delle strutture in acciaio dovranno essere protette contro la corrosione mediante uno dei due cicli di verniciatura definiti nel presente articolo a seconda che trattasi di superfici in vista o di superfici interne.

Entrambi i cicli saranno preceduti da un'accurata preparazione mediante sabbiatura.

Particolare cura dovrà essere posta nel trattamento delle superfici in corrispondenza delle giunzioni ad attrito per impedire qualsiasi infiltrazione all'interno dei giunti.

Non saranno accettati prodotti vernicianti che non siano rispondenti alle caratteristiche ed ai requisiti prescritti, restando a totale ed esclusivo carico dell'Impresa l'asportazione e la sostituzione di verniciature che non risultassero idonee.

Le verniciature dovranno essere eseguite in condizioni d'ambiente idonee alle caratteristiche dei prodotti impiegati.

Non si dovrà procedere ai trattamenti quando temperatura ed umidità dell'aria superano le soglie minima e massima proprie di ciascun prodotto.

Non si dovrà procedere all'applicazione di uno strato fino a che quello precedente non sia perfettamente essiccato.

Tutti gli strati dovranno essere protetti da pioggia o bagnatura in genere per un periodo minimo di 18 h dall'applicazione.

Gli strati dovranno avere tonalità di colore diverse per consentire il controllo della loro applicazione.

Per entrambi i cicli: quello per le superfici in vista e quello per le superfici interne, l'applicazione dovrà essere effettuata secondo lo schema che segue, salvo diverse disposizioni formalmente impartite dalla Direzione Lavori:

a - in officina, a lavorazione ultimata:
  - sabbiatura di tutte le superfici;
  - applicazione dello strato di primer;

b - in opera, ad avvenuto completamento del montaggio:
  - spazzolatura dei punti da ritoccare;
  - ritocchi sullo strato di primer;
  - applicazione dello strato intermedio;
  - applicazione dello strato di finitura.



4.23.6.2 Accettazione dei prodotti vernicianti - Garanzie

Ad avvenuta consegna dei lavori e prima di dare corso ai cicli di verniciatura previsti, l'Impresa dovrà consegnare alla Direzione Lavori campioni di tutti i prodotti vernicianti componenti i due cicli, con i relativi diluenti, in contenitori sigillati del peso di 0,500 kg cadauno, nel numero di tre per ogni prodotto.

Ciascun campione dovrà essere accompagnato da schede tecniche riportanti le caratteristiche di composizione ed applicazione del prodotto.

L'Impresa, a sua cura e spese e sotto il controllo della Direzione Lavori, provvederà a sottoporre i campioni a prova presso Laboratori di fiducia e verificarne la rispondenza ai requisiti richiesti.

Solo dopo che i laboratori avranno accertato tale rispondenza, la Direzione Lavori formalizzerà l'autorizzazione all'Impresa alla applicazione dei cicli, riservandosi di verificare in qualsiasi momento durante il corso dei lavori, sempre a spese dell'Impresa, la conformità dei prodotti impiegati, presenti a piè d'opera, ai campioni sottoposti a prova.

L'Impresa è tenuta a garantire la buona esecuzione dei lavori e la conservazione del ciclo applicato per un periodo di sette anni.

La decorrenza della suddetta garanzia inizierà alla data del certificato di ultimazione lavori con l'obbligo di gratuita manutenzione per tutto il periodo di garanzia.

Nel detto periodo l'Impresa resta obbligata ad eseguire, a propria cura e spese, i ritocchi e quanto altro si rendesse necessario al fine di mantenere la verniciatura in condizioni di totale efficienza.

Se i lavori di ritocco eseguito nel periodo di garanzia supereranno il 20% della superficie totale, l'Impresa sarà tenuta ad eseguire, a sua cura e spese, una totale successiva mano di verniciatura a conguaglio al fine di ripristinare il buon aspetto estetico dell'opera.

L'Impresa è tenuta inoltre a garantire la buona conservazione dello strato di primer zincante inorganico eseguito in officina per tutto il periodo intercorrente fino all'esecuzione dello strato intermedio e comunque per almeno un anno.

4.23.6.3 Preparazione delle superfici

4.23.6.3.1 Sabbiature

Si procederà preliminarmente alla molatura di tutti gli spigoli per eliminare eventuali sbavature che potrebbero compromettere la continuità dello strato protettivo.
Successivamente saranno eliminate eventuali tracce di grasso da tutte le superfici.

Si effettuerà quindi la sabbiatura a metallo quasi bianco di grado A Sa 2½ degli standard fotografici delle Svensk Standard SIS, secondo la specifica SP 10 delle Norme SSPC (Steel Structures Painting Council); dovranno essere impiegati abrasivi fini per ottenere un profilo di incisione compreso tra 0,025 e 0,050 mm.

A sabbiatura ultimata, prima di iniziare la verniciatura, si dovrà procedere alla completa asportazione di residui di ossidi, abrasivi e polvere.

Le superfici sabbiate tassativamente non dovranno essere inumidite prima dell'applicazione dello strato di primer che dovrà essere effettuata entro il termine di 8 h dalla sabbiatura, prima che venga a formarsi un qualsiasi principio di ruggine.

Qualora si verificassero formazioni di ruggine, la sabbiatura dovrà essere ripetuta a cura e spese dell'Impresa.

4.23.6.3.2 Spazzolatura

Ad ultimazione del montaggio in opera delle strutture in acciaio, si dovrà procedere alla sabbiatura delle saldature eventualmente eseguite in opera per renderle atte a ricevere il trattamento protettivo.

Si eseguirà quindi la spazzolatura delle superfici interessate da abrasioni, danneggiamenti, ecc., in preparazione dei ritocchi che dovranno essere fatti per ricostituire la continuità dello strato di primer.

La spazzolatura, da effettuarsi con attrezzi meccanici, dovrà essere di grado C St 3 degli standard fotografici delle Svensk Standard SIS, secondo la specifica SP 3 delle Norme SSPC (Steel Structures Painting Council).

Prima di procedere alla verniciatura si dovrà procedere alla completa asportazione di ossidi e polveri.

Il trattamento di verniciatura mediante applicazione dello strato di primer dovrà essere effettuato entro il termine di 8 h dalla spazzolatura.

4.23.6.4 Cicli di verniciatura

I cicli, tanto per superfici in vista che per quelle interne sono composti da tre strati, rispettivamente di primer, intermedio e di finitura, oltre ai ritocchi in opera sul primer ad avvenuto completamento del montaggio delle strutture.

4.23.7. Ciclo per superfici in vista - Tabella 26 A -

4.23.7.1 Esecuzione in officina a lavorazione ultimata:

a - Sabbiatura di grado A Sa 2½;

b - Applicazione mediante airless dello strato di primer zincante inorganico bicomponente, per uno spessore del film secco di 0,080 mm, avente le seguenti caratteristiche:

- contenuto solido ≥ 76%;
- zinco metallico nel film secco ≥ 86%;
- legante silicato di etile;
- peso specifico della miscela ≥ 2500 g/l;
- temperatura minima di applicazione 260 K;
- Sovraverniciatura (con umidità relativa ≥ 50%):

temperatura	tempi minimi di sovraverniciatura
260 K	7 d
277 K	48 h
289 K	24 h

4.23.7.2 *Esecuzione in opera ad avvenuto completamento del montaggio*

c - spazzolatura delle superfici da ritoccare di grado C St 3 previa sabbiatura delle saldature eventualmente eseguite in opera;

d - applicazione a pennello sulle superfici da ritoccare, dello strato di primer zincante organico bicomponente, per uno spessore del film secco di 0,060 mm avente le seguenti caratteristiche:

- contenuto solido ≥ 80%;
- zinco metallico nel film secco ≥ 80%;
- legante epossipoliammidico;
- peso specifico della miscela ≥ 2500 g/l;
- temperatura minima di applicazione 283 K;
- sovraverniciatura (con umidità relativa 0 - 85%):

temperatura	tempi minimi di sovraverniciatura
283 K	8 h
289 K	6 h

e - applicazione mediante airless dello strato intermedio su tutte le superfici, a base epossipoliamminica modificata vinilica bicomponente, per uno spessore del film secco di 0,080 mm, avente le seguenti caratteristiche:

- contenuto solido ≥ 59%;
- legante epossipoliamminico modificato;
- peso specifico della miscela ≥ 1250 g/l;
- temperatura minima di applicazione 283 K;
- sovraverniciatura (con umidità relativa 30÷70%):

temperatura	tempi minimi di sovraverniciatura
283 K	24 h
289 K	12 h

f - applicazione mediante airless dello strato di finitura su tutte le superfici, a base poliuretanica isocianico alifatica bicomponente, per uno spessore del film secco di 0,050 mm, avente le seguenti caratteristiche:

- contenuto solido ≥ 57%;
- legante poliuretano isocianico alifatico;
- aspetto lucido;
- peso specifico della miscela ≥ 1200 g/l;

- temperatura minima di applicazione 277 K.

4.23.8. Ciclo per superfici interne - Tabella 26 B -

4.23.8.1 Esecuzione in officina a lavorazione ultimata

a-b - si richiamano integralmente le norme precedenti.

4.23.8.2 Esecuzione in opera ad avvenuto completamento del montaggio

c-d- si richiamano integralmente le norme precedenti.

e - applicazione mediante airless dello strato intermedio su tutte le superfici; a base epossipoliammidica bicomponente, per uno spessore del film secco di 0,075 mm, avente le seguenti caratteristiche:

- contenuto solido: ≥ 50%;
- legante epossipoliammidico;
- peso specifico della miscela: ≥ 1.350 g/l;
- temperatura minima di applicazione: 283 K;
- sovraverniciatura (con umidità relativa: 0÷90%).

f - applicazione mediante airless dello strato di finitura su tutte le superfici, a base epossicatramosa bicomponente, per uno spessore del film secco di 0,150 mm, avente le seguenti caratteristiche:

- contenuto solido: ≥ 75%
- legante epossidico;
- aspetto lucido;
- peso specifico della miscela: ≥ g/l 1500;
- temperatura minima di applicazione: 283 K.

TABELLA 26 A - Ciclo di verniciatura per superfici in vista						
Esecuzione	in officina		in opera			
Caratteristiche	4.23.7.1/a	Primer zincante inorganico	4.23.7.2/c	Ritocchi con primer zincante organico	Strato intermedio	Strato di finitura
		4.23.7.1/b		4.23.7.2/d	4.23.7.2/e	4.23.7.2/f
applicazione	Sabbiatura A SA 2½	airless	Spazzolatura C St 3	pennello	airless	airless
spessore film secco mm		0,08		0,060	0,080	0,050
componenti n.		2,00		2,00	2,00	2,00
peso specifico g/l		≥2500		≥2500	≥1250	≥1200
contenuto solido		≥76%		≥80%	≥59%	≥57%
zinco metallico nel film secco		≥86%		≥80%		
legante		silicato di etile		epossipoliammidico	epossipoliamminico vinilico	poliuretano isocianico alifatico
temperatura minima di applicazione		260 K		283 K	283 K	277 K
sovraverniciature alle diverse temperature		a 260K: 7d a 277K: 48h a 289K: 24h		a 283K: 8h a 289K: 6h	a 283K: 24h a 289K: 12h	

TABELLA 26 B - Ciclo di verniciatura per superfici interne						
Esecuzione	in officina		in opera			
Caratteristiche	4.23.8.1/a	Primer zincante inorganico	4.23.8.2/c	Ritocchi con primer zincante organico	Strato intermedio	Strato di finitura
		4.23.8.1/b		4.23..8.2/d	4.23.8.2/e	4.23.8.2/f
applicazione	Sabbiatura A SA 2½	airless	Spazzolatura C St 3	pennello	airless	airless
spessore film secco mm		0,08		0,060	0,075	0,150
componenti n.		2,00		2,00	2,00	2,00
peso specifico g/l		≥2500		≥2500	≥1350	≥1500
contenuto solido		≥76%		≥80%	≥50%	≥75%
zinco metallico nel film secco		≥86%		≥80%		
legante		silicato di etile		epossipoliammidico	epossipoliammidico	epossidico
temperatura minima di applicazione		260 K		283 K	283 K	283 K
sovraverniciature alle diverse temperature		a 260K: 7d a 277K: 48h a 289K: 24h		a 283K: 8h a 289K: 6h	a 283K: 24h a 289K: 12h	

4.23.9. Ciclo di verniciatura con pittura ignifuga intumescente

Verniciatura protettiva di strutture metalliche costituita da pittura ignifuga intumescente atta all'isolamento al fuoco e ritardante la propagazione della fiamma mediante reazione ad effetto schiumogeno.

Il trattamento protettivo della carpenteria metallica trattata con vernice intumescente dovrà essere il seguente:

1) In officina:

- sabbiatura A SA2½ delle norme SIS;
- applicazione di uno strato di primer zincante inorganico con spessore del film secco pari 0,080 mm.

2) In opera:

- operazioni di pulizia, eliminazione di polvere e parti incoerenti previo lavaggio, sgrassaggio delle superfici, accurata spazzolatura meccanica e/o manuale delle zone eventualmente deteriorate;
- ritocchi, ove necessario, con primer epossipoliammidico del tipo "surface tolerant", dato a pennello, per uno spessore di film secco pari a 0,100 mm;
- strato generale di collegamento fra lo zincante inorganico ed il rivestimento intumescente;
- epossipoliammidico al fosfato di zinco con spessore 0,070 mm;
- applicazione di rivestimento intumescente, idoneo a conferire, ad ogni singolo elemento (lamiere, profilati, ecc.) in base alla propria resistività, la resistenza al fuoco di classe R 30 (30 minuti) in grado di sopportare l'esposizione agli agenti atmosferici per almeno 6 mesi senza

degradarsi in assenza dello strato di protezione superficiale. Al fine di raggiungere la classe di resistenza al fuoco prescritta lo spessore del film secco dovrà essere minimo di 0,250 mm. Il rivestimento dovrà essere applicato in 1 (una) mano a spruzzo airless.

- applicazione dello strato finale, a spruzzo airless, con funzioni estetico protettive a base di resine poliuretaniche alifatiche, dato in almeno 2 strati, per uno spessore complessivo non inferiore a 0,130 mm.

Il prodotto costituente il rivestimento intumescente dovrà essere certificato in base alla curva temperatura/tempo ISO 834, secondo BS 476 e rispondere a quanto specificato nella circolare del Ministero degli Interni n. 91 e nella normativa UNI 9503.

Circa le temperature, i tempi ed il grado di umidità per le operazioni di sovraverniciatura si farà riferimento a quanto indicato dalla Direzione Lavori.

4.23.10. Manufatti in acciaio profilato

L'Impresa dovrà porre in opera a qualsiasi altezza, anche mediante saldature da effettuarsi in opera, comprese le assistenze murarie, ringhiere, parapetti, scale, pensiline, cancelli ecc., come da disegni di progetto, complete di accessori, minuterie e ferramenta mediante grigliati, lamiere e profilati in acciaio per strutture saldate, di qualsiasi sezione e profilo.

L'acciaio dovrà essere minimo del tipo Fe 430 di grado B certificato all'origine, avente le stesse caratteristiche chimiche degli acciai da sottoporre a trattamento di zincatura.

I materiali da zincare a caldo dovranno avere lo spessore previsto in progetto e comunque non inferiore a Z 350, come da prospetto II Norma UNI 10147.

Saranno finiti mediante:

- sabbiatura di grado Sa 2 1/2 delle SVENSK STANDARD SIS e con verniciatura a tre mani con ciclo "B";

- zincatura a caldo a lavorazione ultimata, sgrassatura e verniciatura ad una mano con ciclo "C";

- zincatura a caldo a lavorazione ultimata, sgrassatura e verniciatura a tre mani con ciclo "D".

La tipologia, le dimensioni e la finitura sono in funzione delle scelte progettuali.

4.23.11. Botole, chiusini, ecc.

Le botole, i chiusini, ecc., realizzati in lamiera di ferro striata, di qualsiasi dimensione e spessore, compresa eventuale intelaiatura con profilati di ferro e le opere murarie, saranno finite mediante:

- zincatura a caldo a lavorazione ultimata;
- spazzolatura meccanica e verniciatura a tre mani con ciclo "D".

Saranno nei colori, tipologie e dimensioni come indicate in progetto e dovranno essere conformi a quanto previsto nelle presenti Norme Tecniche.

4.23.12. Scala retrattile

Realizzata in acciaio zincato e botola a ribalta in legno, data in opera completa di corrimano telescopico e maniglioni, per altezza di piano fino a 3,20 m.

4.23.13. Griglie pedonabili e/o carrabili

Saranno in pannelli costituiti da longherine portanti e distanziali in acciaio zincato a caldo, aventi sezione come indicato nei disegni di progetto e dovranno essere conformi a quanto previsto nelle presenti Norme Tecniche.

4.24. PONTI, VIADOTTI E SOTTOVIA

4.24.1. Generalita'

L'oggetto della presente sezione riguarda le diverse tipologie strutturali di realizzazione dei ponti, dei viadotti e dei sottovia, e l'insieme degli elementi costruttivi che li compongono.

Sarà cura del Contraente Generale procedere alla redazione del piano operativo di cantiere per il sollevamento/varo (detto anche piano di montaggio) delle strutture costituenti ponti e viadotti. Tale piano sarà coerente con le indicazioni fornite in merito dagli elaborati costituenti il progetto esecutivo e dovrà scrupolosamente attenersi a queste per quanto riguarda i seguenti punti:

- tempistica di attuazione delle operazioni;
- caratteristiche geometriche, meccaniche e statiche degli elementi provvisionali quali, martinetti, carri varo, pile provvisorie, ecc.;
- caratteristiche delle attrezzature e dei mezzi d'opera da utilizzare;
- raggiungimento delle resistenze dei cls indicate nel progetto esecutivo;
- posizionamento del carro varo in relazione alle fasi di avanzamento della costruzione;
- pesi delle parti costituenti il carro varo;
- posizione e peso dei contrappesi indicati nel progetto;
- posizione e caratteristiche meccaniche delle barre ad alta resistenza per collegamenti provvisori.
- attuazione delle distorsioni indotte al fine di minimizzare i fenomeni di fluage in termini di forze e spostamenti applicati alla struttura.

Il piano operativo di cantiere per il sollevamento/varo sarà accompagnato da un piano operativo di monitoraggio topografico da effettuare sulla struttura e finalizzato al controllo topografico in corso di costruzione. Il piano di monitoraggio topografico sarà basato sulle deformazioni calcolate in sede di progettazione esecutiva e dovrà riportare:

- la geometria dell'impalcato nelle singole fasi costruttive (ovvero per ogni posa di concio e per ogni applicazione della distorsione sugli appoggi) in funzione delle deformazioni indotte dalle sollecitazioni agenti e dalle variazioni volumetriche differite del cls;
- le tolleranze ammissibili sui valori delle deformazioni di progetto in funzione delle caratteristiche dell'opera stessa;
- i metodi di controllo della temperatura sulle facce delle travi.

Il piano operativo di cantiere di sollevamento/varo ed il relativo piano di monitoraggio, ferma restando l'esclusiva e totale responsabilità del Contraente Generale, dovranno essere preventivamente trasmessi al Coordinatore per l'Esecuzione ed alla Direzione Lavori con congruo anticipo sull'attività di montaggio. Dopo l'approvazione e prima della fase di montaggio, il Contraente Generale dovrà dare comunicazione alla D.L. della data di inizio dei lavori.

Tutti i macchinari, le attrezzature e le procedure lavorative dovranno rispondere alle prescrizioni indicate dalla vigente normativa in materia di prevenzione infortuni ed igiene del lavoro (D.Lgs 626/94, D.Lgs 494/96, ecc.)

In particolare, poiché i cantieri in esame ricadono nell'ambito di applicazione del D.Lgs 494/96 e successive modifiche ed integrazioni, tutte le operazioni di realizzazione dell'infrastruttura dovranno essere eseguite in conformità a quanto indicato nel Piano di Sicurezza e Coordinamento e sotto la supervisione del Coordinatore per l'Esecuzione: quindi anche i piani di montaggio e di monitoraggio dovranno essere parte del Piano di Sicurezza e Coordinamento.

Ogni variazione in difformità alle indicazioni progettuali sarà supportata da relazioni con conseguenti modifiche degli elaborati progettuali. Gli elaborati così modificati saranno firmati dal Contraente Generale e sottoposti all'esame del Direttori Lavori per preventiva approvazione.

Le prove di carico prescritte dalle specifiche contrattuali, dai documenti di progetto ed eventualmente richieste dalla Direzione Lavori in base a motivate esigenze tecniche, così come quelle previste dalle leggi vigenti, saranno eseguite a cura del Contraente Generale.

Nella esecuzione dei lavori il Contraente Generale dovrà fornire la manodopera, le attrezzature, le opere provvisionali, i ponteggi in quantità e tipologia adeguate sia alla esecuzione dei lavori che alla effettuazione di controlli ed ispezioni.

Sarà cura del Contraente Generale eseguire o far eseguire tutte le prove ed i controlli previsti, così come quelli aggiuntivi che la Direzione Lavori ritenesse necessari ad assicurare la rispondenza del lavoro eseguito alle specifiche ed agli standard qualitativi prefissati.

Per consentire la effettuazione delle prove in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, il Contraente Generale dovrà provvedere alla installazione in cantiere di uno o più laboratori attrezzati per la esecuzione delle prove previste. Il laboratorio di cantiere dovrà avvalersi di personale qualificato e numericamente adeguato al quantitativo di prove da eseguire.

Le prove da eseguire ai sensi della legge 5 novembre 1971 N° 1086 dovranno essere effettuate presso laboratori ufficiali autorizzati.

Nel caso di lavori da eseguire in presenza d'acqua sarà cura del Contraente Generale provvedere con i mezzi più adeguati all'aggottamento ed al contenimento della stessa o, in alternativa, sarà sua cura adottare gli accorgimenti necessari, previa informazione alla Direzione Lavori, per l'esecuzione dei lavori in presenza d'acqua.

I materiali e i magisteri non espressamente richiamati nel presente articolo saranno conformi agli articoli appositamente redatti e costituenti le presenti Norme Tecniche.

Le strutture, sia in calcestruzzo che in carpenteria metallica, prefabbricate in stabilimenti esterni, prima dell'inoltro in cantiere dovranno essere sottoposte alle prove di controllo qualità e, ove richiesto, alle prove di preassemblaggio.

L'esame e la verifica, da parte della Direzione dei Lavori, dei progetti delle opere e dei certificati degli studi, non esonerano in alcun modo il Contraente Generale dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

Quindi resta stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione dei Lavori, il Contraente Generale rimane l'unico e diretto responsabile delle opere a termine di legge, pertanto sarà tenuto a rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

4.24.2. Ponti e viadotti in c.a. e c.a.p. ed in carpenteria metallica

4.24.2.1 Posa in opera manufatti prefabbricati

Le strutture prefabbricate (conci in cls, travi o conci metallici) saranno varate nella loro posizione definitiva mediante sollevamento longitudinale o trasversale a mezzo di carroponte, carrelli, gru, derrik, blondin, ecc. o con combinazioni varie di questi sistemi e mezzi.

L'eventuale impiego di elementi strutturali metallici o in conglomerato cementizio, semplice od armato, normale o precompresso, con funzione di cassaforma persa per il getto delle solette, sbalzi e traversi di impalcato, dovrà essere previsto in sede di progetto esecutivo. In assenza di indicazioni esaustive sarà cura del Contraente Generale eseguire le opportune integrazioni dandone evidenza alla Direzione Lavori.

4.24.2.2 Martinetti provvisori

La documentazione tecnica relativa ai martinetti sarà trasmessa dal Contraente Generale alla Direzione Lavori con congruo anticipo rispetto alle operazioni di varo. Nella documentazione dovranno essere chiaramente riportate le specifiche prestazionali del martinetto con chiara indicazione dei seguenti dati:

- La curva di calibrazione forza/pressione del martinetto determinata in Laboratorio Ufficiale non anteriore di 3 mesi.
- La forza massima di esercizio. Tale valore dovrà essere non inferiore a 1,5 volte il valore massimo previsto in sede progettuale.
- La corsa massima di esercizio. Tale valore deve essere non inferiore a 1,5 volte il valore massimo previsto in sede progettuale.
- Il Costruttore.
- I dati tecnici dell'apparecchio prescelto.

I martinetti costituenti un'unica linea di appoggio saranno collegati da un sistema centralizzato di controllo automatico delle pressioni capace di assicurare in ogni istante il mantenimento e la omogenea distribuzione delle forze nei singoli martinetti.

4.24.2.3 Collegamenti provvisori con barre tipo Dywidag

Nei conci prefabbricati e nei pulvini saranno previsti gli alloggiamenti per le barre ad alta resistenza aventi funzione di collegamento provvisorio impalcato/pila ed impalcato/carro-varo.

Il numero e le caratteristiche geometriche e meccaniche delle barre saranno conformi alle indicazioni fornite negli elaborati del progetto esecutivo.

Dopo il completamento del montaggio le cavità impiegate per l'alloggiamento delle barre provvisorie e dei ganci di sollevamento saranno riempite con malta reoplastica a ritiro compensato aventi le caratteristiche indicate nell'Articolo dedicato facente parte delle presenti Norme Tecniche.

4.24.2.4 Montaggio

Il montaggio in opera di tutte le strutture costituenti ciascun manufatto sarà effettuato in conformità a quanto, a tale riguardo, è previsto nella relazione di calcolo e nel piano di montaggio che, ferma restando la totale ed esclusiva responsabilità del Contraente Generale, con congruo anticipo sull'inizio dei montaggi, dovrà essere trasmesso alla Direzione Lavori.

Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito e il montaggio, si dovrà porre la massima cura per evitare che le strutture vengano deformate o sovrasollecitate.

Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto. In particolare si dovrà controllare che la controfreccia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio siano conformi alle indicazioni del piano di montaggio, rispettando le tolleranze previste.

La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, il Contraente Generale 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 e sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tramvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo.

4.24.2.5 Sollevamento impalcati per sostituzione apparecchi di appoggio

Il sollevamento degli impalcati è preliminare alla sostituzione degli apparecchi di appoggio, al conseguente ripristino dei baggioli ed eventualmente all'adeguamento della pendenza trasversale del manufatto.

In relazione alle previsioni di progetto od alle prescrizioni della Direzione Lavori, si procederà al sollevamento di una o di entrambe le testate contemporaneamente, costituite da un qualunque numero di travi, mediante idonea apparecchiatura idraulica posta sotto le travi e/o i trasversi.

L'apparecchiatura idraulica dovrà essere comandata da una centrale operante a pressioni differenziate e rapporto volumetrico costante per assicurare un sollevamento rigido di ogni testata, senza indurre nella struttura sollecitazioni torsionali; il controllo delle operazioni dovrà essere effettuato a distanza mediante idonea strumentazione.

Dopo che ogni testata sarà stata sollevata e prima di intervenire sugli appoggi, l'Impresa dovrà bloccare la struttura nella posizione raggiunta mediante appoggi provvisori o attrezzature equivalenti, che siano in grado di assicurare la stabilità dell'insieme e garantire la massima sicurezza agli operatori.

Di norma non si dovrà sollevare più di una campata per volta; eventuali deroghe dovranno essere concordate con la Direzione Lavori; in questi casi dovranno essere rinforzate le strutture provvisionali di blocco e si dovranno adottare adeguati sistemi di controventatura per contrastare possibili sollecitazioni longitudinali e trasversali.

A tale riguardo dovranno essere adottate adeguate cautele nei casi in cui la pendenza longitudinale dell'opera possa fare prevedere fenomeni di scorrimento.

Successivamente l'Impresa procederà alla rimozione degli apparecchi di appoggio esistenti ed al loro trasporto nei magazzini della Società.

Prima della posa in opera degli appoggi si provvederà alla ravvivatura e rettifica dei baggioli e dell'intradosso delle travi in corrispondenza degli appoggi.

La rettifica sarà effettuata mediante malta di resina epossidica per il conguaglio delle superfici di appoggio, nelle quantità necessarie per ottenere il parallelismo fra i piani di appoggio dei baggioli e l'intradosso delle travi, previa mano di attacco a base di resina pura.

Ad avvenuto completamento degli interventi sotto l'impalcato, si dovrà procedere al suo abbassamento adottando le stesse cautele della fase precedente.

A garanzia di possibili incidenti che potrebbero danneggiare le strutture, l'Impresa dovrà provvedere alla copertura assicurativa dell'opera per tutta la durata dei lavori, per un'importo corrispondente al valore di ricostruzione.

4.24.2.6 Verniciature e/o Impermeabilizzazione

Si rimanda agli articoli specifici facenti parte delle presenti Norme Tecniche.

4.24.3. Apparecchi d'appoggio

4.24.3.1 Generalità

Gli apparecchi d'appoggio possono essere del tipo fisso o mobile, per la realizzazione, rispettivamente, dei vincoli di "cerniera" e di "carrello – cerniera" e dovranno rispondere alle prescrizioni di cui al D.M. 9 gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato, normale, precompresso e per le strutture metalliche" ed alle "Istruzioni per il calcolo e l'impiego degli apparecchi di appoggio da fornire nelle costruzioni", C.N.R. - U.N.I. 10018.

Inoltre dovranno rispondere a quanto prescritto dal D.M. del Ministero dei LL.PP. in data 4 maggio 1990 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali" e sue istruzioni emanate con circolare Ministero LL.PP. n°34233 del 25/2/1991.

In ogni caso il Contraente Generale dovrà presentare un apposito certificato, rilasciato da un Laboratorio Ufficiale, comprovante le caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati.

Dovranno risultare agevoli: la periodica ispezione, la manutenzione e l'eventuale sostituzione.

Il Contraente Generale dovrà tener conto, nei propri programmi di lavori, dei tempi necessari per le operazioni di fornitura e montaggio degli apparecchi di giunto oltre che per tutte le predisposizioni sopraindicate.

I laboratori per le prove saranno indicati dalla DL.

La Direzione dei Lavori autorizzerà la posa in opera dei dispositivi solo dopo aver completato con esito positivo le prove di accettazione. Nella fornitura degli apparecchi di appoggio saranno inclusi anche quegli apparecchi che la DL intenderà sottoporre alle prove distruttive previste nel paragrafo "4.24.3.7". L'onere della fornitura degli apparecchi da sottoporre a prove di qualificazione e l'onere delle prove stesse è a carico del Contraente Generale. Gli apparecchi sottoposti a prove distruttive saranno allontanati dopo la prova indipendentemente dall'esito della stessa.

L'esame e la verifica, da parte della Direzione dei Lavori, dei progetti delle opere e dei certificati degli studi preliminari, non esonerano in alcun modo il Contraente Generale dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

Quindi resta stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione dei Lavori, il Contraente Generale rimane l'unico e diretto responsabile delle opere a termine di legge, pertanto sarà tenuto a rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

4.24.3.2 Qualificazione

In sede di qualifica il Contraente Generale sarà tenuto a presentare in tempo utile all'approvazione della Direzione dei Lavori la seguente documentazione per ogni diversa tipologia di apparecchio di appoggio:

Una relazione tecnica e di calcolo che illustri il comportamento meccanico dei singoli componenti dell'apparecchio e l'aderenza ai requisiti prestazionali

individuati nel progetto esecutivo.

Le prove di laboratorio effettuate dal Costruttore;

Documentazione di apparecchi analoghi installati dal costruttore negli ultimi 5 anni.

Sistema di qualità ISO9001 del Costruttore dei dispositivi valida per gli ultimi 5 anni.

Le caratteristiche tecniche;

Le modalità di posa in opera;

Il piano di manutenzione e monitoraggio;

Gli elaborati di progetto del dispositivo.

Il progetto del dispositivo dovrà contenere:

a. l'indicazione delle escursioni e delle rotazioni previste per gli apparecchi nelle singole fasi di funzionamento. Dovranno essere esposti separatamente i contributi dovuti alle azioni permanenti ed accidentali, alle variazioni termiche, alle deformazioni viscose (laddove non compensate con distorsioni di progetto), al ritiro del calcestruzzo e alla geometria curvilinea dell'impalcato;
b. l'indicazione delle caratteristiche di mobilità richieste per gli apparecchi, in funzione dei dati di cui al punto a) e di un congruo franco di sicurezza, che dovrà essere espressamente indicato;
c. l'indicazione della tolleranza ammessa per l'orizzontalità ed il parallelismo dei piani di posa degli apparecchi;
d. l'indicazione della preregolazione da effettuare sugli apparecchi al momento del montaggio, in funzione della temperatura ambiente e della stagionatura del calcestruzzo al momento della posa;
e. la verifica statica dei singoli elementi componenti l'apparecchio e la determinazione della pressione di contatto;
f. f) l'indicazione dei materiali componenti l'apparecchio, con riferimento, ove possibile, alle norme UNI;
g. g) l'indicazione dei materiali componenti l'apparecchio, con riferimento, ove possibile alle norme UNI;
h. l'indicazione delle modalità di collegamento dell'apparecchio al pulvino ed alla struttura d'impalcato e degli eventuali accorgimenti da adottare per il montaggio provvisorio;
i. il piano di monitoraggio e di manutenzione degli apparecchi installati;
j. i certificati delle prove e dei collaudi interni eseguiti dal Costruttore degli apparecchi di appoggio.

4.24.3.3 *Materiali e norme di accettazione*

In linea di massima le caratteristiche dei materiali dovranno essere le seguenti:

a) Acciaio laminato: Sarà della classe Fe37, Fe43 o Fe52 - grado D delle norme UNI 7070-72

b) Acciaio fuso a getti: Sarà della classe FeG520 delle norme UNI 3158-1977.

c) Acciaio inossidabile.

Lamiere per superfici di scorrimento: acciaio della classe X5 Cr Ni Mo 17/12 delle norme UNI 6903-1971.

Il materiale, sottoposto a prove di corrosione secondo le norme UNI 4261-1966 non dovrà dare luogo ad ossidazioni a 60°C ± 2, senza agitazione, per 4 giorni consecutivi.

La faccia a contatto con il PTFE dovrà essere lucidata fino a rugosità Ra 0,1 μ (UNI 3963).

d) Elastomeri

Elastomero alternato ad acciaio: sarà conforme alle norme C.N.R.-UNI 10018-72-85.

Elastomero per cuscinetti incapsulati: sarà realizzato con mescole a base di neoprene aventi le seguenti caratteristiche:

- resistenza a trazione,≥ 10N/mm^2 [100 Kg/cm^2] (UNI 6065-67);
- allungamento a rottura, ≥ 300% (UNI 6065-67);
- deformazione permanente a compressione (UNI4913), (50%;24h;70°C) ≤20%;
- durezza Shore (come da UNI 4916-74).

e) Politetrafluoroetilene (PTFE).

Per le superfici di scorrimento.

Sarà tassativamente di tipo vergine, di primo impiego, senza aggiunte di materiale rigenerato o di additivi, prodotto per libero deposito e non addensato.

Le caratteristiche del PTFE, determinato secondo le norme UNIPLAST 5819-1966, saranno le seguenti:

- densità: 2,13 ÷ 2,23 g/cm^3;

- resistenza a trazione (23°C), ≥ 24 N/mm^2 [240 Kg/cm^2];

- allungamento a rottura (23°C) ≥ 300%;

- durezza Shore (come da UNI 4916-74).

f) Grasso di silicone per la lubrificazione delle superfici.

Le superfici di scivolamento (PTFE ed acciaio inox) dovranno essere lubrificate nelle zone di scorrimento ma non in quelle di rotazione.

Si dovranno prevedere apposite cavità per l'accumulo del lubrificante che sarà costituito da grasso al silicone che conservi la sua efficacia fino a -35%C.

Detto grasso non dovrà resinificare né aggredire i materiali costituenti le superfici di scorrimento. Esso dovrà essere in particolare conforme alle seguenti norme:

- penetrazione su campione rimaneggiato, 240 ÷ 295 dmm (Din 51804);

- punto di congelamento,≤ -50°C (DIN 51556);

- essudazione (Bleeding) 24h a 150°C, ≤ 3% (US-Fed.T.M. Std 791.321.2).

g) Altri materiali

L'impiego di materiali diversi da quelli indicati, da quali alluminio e acciaio cromato, (su supporto Fe52 grado D) è subordinato alle seguenti condizioni:

documentazione da parte del Contraente Generale delle caratteristiche di materiali e delle referenze sulle loro precedenti applicazioni in campi analoghi;

in ogni caso le caratteristiche di resistenza alla corrosione e quelle di attrito delle superfici a contatto, dovranno essere analoghe a quelle ottenibili con i materiali precedentemente descritti.

4.24.3.4 Prove sui materiali

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di intervenire alle operazioni di collaudo, e quella di svolgere ispezioni nell'officina, per verificare la rispondenza dei materiali impiegati ai documenti di collaudo e la regolarità delle lavorazioni.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di prelevare, durante la lavorazione, campioni di materiali da sottoporre alle prove di accettazione. Tali prove si svolgeranno presso i Laboratori ufficiali designati dalla D.L.

Tutti i materiali da impiegare nella costruzione degli apparecchi di appoggio saranno sottoposti, prima dell'inizio della lavorazione, a collaudo tecnologico, a cura e spese del Contraente Generale, secondo le norme di accettazione riportate nel punto precedente.

4.24.3.5 Fabbricazione

1. Acciaio inossidabile.

La lamiera di acciaio inossidabile, costituente la superficie a contatto con il PTFE, sarà collegata alla piastra di scorrimento in acciaio mediante saldatura (cordone continuo) o avvitamento (viti o rivetti inossidabili), in maniera tale che sia resistente al taglio.

Nel caso si impieghino delle viti o i rivetti, la lastra di scorrimento di acciaio dovrà essere protetta sufficientemente contro la corrosione, con le misure indicate al punto successivo, anche nella zona coperta dalla lamiera inossidabile.

Superfici di scorrimento orizzontale.

Lo spessore della lamiera di acciaio inossidabile dipenderà dalla differenza, nella direzione del movimento prevalente, fra le dimensioni della lastra di acciaio e della superficie di PTFE, per evitare fenomeni di increspatura dell'acciaio dovuti a eccessiva lunghezza libera della lastra.

Differenza di dimensioni	Spessore minimo della lastra di acciaio
Fino a 600 mm	2,5 mm
più di 600 mm	3,0 mm

Tale spessore sarà conforme alle seguenti condizioni:

Superfici curve.

Lo spessore della lamiera di acciaio inossidabile sarà di 2,5 mm nel caso di collegamento o con viti o rivetti; di 1,5 mm nel caso di collegamento con

saldatura.

2 PTFE.

Le guarnizioni di PTFE per le superfici di scorrimento orizzontali saranno incassate nelle apposite sedi e fissate con idoneo adesivo.

Esse saranno composte o di una superficie unica o di pattini (strisce) della larghezza minima di 5 cm, con interasse non superiore a due volte lo spessore della piastra rivestita in acciaio inossidabile a contatto con i pattini.

Nei rivestimenti delle guide degli organi di ritegno le dimensioni delle strisce potranno scendere fino a 15 mm.

Lo spessore totale del PTFE, della parte incassata e di quella fuoriuscente dalla sede sarà variabile con le dimensioni in pianta della lastra.

Dimensioni max superficie PTFE (diametro o diagonale della lastra)	Spessore minimo totale	Spessore parte fuoriuscente
fino a 600 mm	4,5 mm	mm 2,0 ± 0,2
600 ÷ 1200 mm	5,0 mm	mm 2,5 ± 0,2
oltre 1200 mm	6,0 mm	mm 3,0 ± 0,2

I valori di questi spessori si ricaveranno come segue :

Nel caso di pattini, di diagonale non eccedente i 600 mm, lo spessore sarà di mm 4 di cui mm 2 ± 0,2 fuoriuscenti.

L'impiego di strisce di PTFE semplicemente incollato è consentito solo nella calotta sferica; il rivestimento di PTFE dovrà essere preformato in un sol pezzo con la stessa sagoma dell'alloggiamento.

In questo caso lo spessore del PTFE potrà essere limitato a mm 2 ± 0,2.

Il materiale usato per l'incollaggio dovrà fornire una forza di adesione al supporto di almeno 0,40 Kg. per millimetro di larghezza nella prova di strappo innescato con un angolo di 90°.

Il progetto dell'apparecchio dovrà essere tale che, anche durante la massima escursione, la piastra superiore dovrà sempre ricoprire interamente quella rivestita di PTFE.

a) Pressioni ammissibili.

Per le superfici di scorrimento orizzontali si ammetteranno le seguenti pressioni:

- con carichi permanenti, 30 N/mm^2 [300 Kg/cm^2];

- con carico massimo, 45 N/mm^2 [450 Kg/cm^2];

Per i listelli di guida, che saranno sempre senza tasche per il grasso, la pressione ammissibile sarà di 60 N/mm^2 [600 Kg/cm^2]; se i carichi non agiscono in modo permanente.

In caso contrario verranno le limitazioni per le superfici di scorrimento orizzontali.

Per i rivestimenti delle calotte sferiche si ammetteranno le seguenti pressioni:

- con carichi permanenti, 17 N/mm^2 [170 Kg/cm^2];

- con carico massimo 25 N/mm^2 [250 Kg/cm^2]

b) *Cavità per il lubrificante di grasso al silicone.*

La profondità di questa cavità non potrà essere maggiore dello spessore di PTFE sporgente al di fuori dell'alloggiamento. Nel calcolo delle pressioni sul PTFE la sua superficie verrà considerata interamente, senza escludere l'area delle cavità.

3. Coefficiente d'attrito

Il Contraente Generale dovrà fornire i diagrammi del coefficiente d'attrito, previsto per gli appoggi da essa forniti, al variare della pressione di contatto sul PTFE nelle peggiori condizioni di funzionamento prevedibile (indicativamente a -30°C e con movimenti a bassa velocità, conseguenti a fenomeni di dilatazione, e alta velocità conseguente ad evento sismico.

4. Parti in composizione saldata.

La Direzione lavori stabilirà il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire sulle saldature, sia in corso di elaborazione che ad opera finita, in conformità al D.M. 9 gennaio 1996. Tali controlli saranno eseguiti presso gli Istituti designati dalla Direzione Lavori; i relativi oneri saranno a carico del Contraente Generale.

5. Protezione anticorrosiva.

Tutte le parti meccaniche dovranno essere protette contro la corrosione.

Il ciclo dovrà rispettare le seguenti caratteristiche: sabbiatura a metallo bianco seguita da uno dei cicli di verniciatura contenuti nel punto "verniciature" del presente Capitolato.

Le superfici che dovranno venire a contatto col calcestruzzo saranno protette, fini al momento della messa in opera, con un film di materiale sintetico facilmente asportabile della messa in opera, oppure con altri idonei accorgimenti, tali da permettere la sistemazione in opera con superfici ancora esenti da ruggine e da altre sostanze tali da riprodurre l'aderenza acciaio/malta d'ancoraggio.

6. Antipolvere

Gli appoggi saranno dotati di completa protezione antipolvere realizzata con raschia polvere e soffietti neoprene che si estenderanno per tutta l'escursione dell'apparecchio.

I fermi e i contrassegni degli appoggi dovranno essere visibili o ubicati all'esterno della protezione.

4.24.3.6 Assemblaggio

1. Collegamenti provvisori.

Durante il trasporto ed il montaggio le parti mobili saranno tenute in posizione mediante collegamenti provvisori, da eliminare dopo la posa in opera.

A tal fine saranno evidenziati con colore diverso da quello dell'appoggio (per esempio giallo).

2. Preregolazione.

La pre-regolazione degli apparecchi sarà eseguita dal Contraente Generale al momento del collegamento alle strutture; i valori della pre-regolazione dovranno corrispondere a quelli prescritti dalla Direzione Lavori sulla base del progetto esecutivo.

3. Contrassegni.

Gli apparecchi saranno dotati di targhetta metallica con le seguenti indicazioni:

- nome del Costruttore e anno di produzione;
- tipo di apparecchio e sue funzioni (multidirezionale, fisso, ecc.);
- carico verticale di progetto;
- eventuale carico orizzontale di progetto;
- escursione longitudinale di progetto;
- eventuale escursione orizzontale di progetto;
- eventuali altre indicazioni utili per la corretta posa in opera.

4. Riferimenti.

Gli apparecchi saranno dotati di riferimenti per il loro posizionamento. In particolare, saranno indicati gli assi dell'appoggio e la direzione di scorrimento longitudinale. Gli apparecchi saranno inoltre dotati di scala graduata e di indice di misura per lo scorrimento.

4.24.3.7 Prove di accettazione sul prodotto finito

È facoltà della Direzione Lavori richiedere prove non distruttive e prove distruttive sugli apparecchi di appoggio prescelti.

Le prove saranno eseguite in conformità alle Norme CNR 10018 e alle "Norme Tecniche per la fornitura degli apparecchi di appoggio" redatte da Autostrade Spa.

Le prove saranno eseguite presso il laboratorio indicato dalla DL a cura ed onere del Contraente Generale.

Le prove distruttive saranno eseguite su un solo apparecchio, prescelto dalla DL, per ogni tipologia di apparecchio.

Le prove non distruttive saranno eseguite sul almeno il 5% degli apparecchi facenti parte della stessa fornitura, prescelti dalla DL.

In caso di esito negativo di almeno una prova, sarà ripetuta la serie di prove con uguali modalità della serie precedente.

Un ulteriore fallimento di una singola prova porterà al rifiuto della intera fornitura.

Gli apparecchi sottoposti a prove distruttive saranno allontanati dopo la prova indipendentemente dall'esito della stessa.

4.24.3.8 Posa in opera

Prima della posa in opera degli apparecchi d'appoggio il Contraente Generale dovrà provvedere per ogni singolo apparecchio al tracciamento degli assi di riferimento ed alla livellazione dei piani di appoggio, i quali dovranno essere rettificati con malta di cemento additivata con resina epossidica.

Procederà, successivamente, al posizionamento dell'apparecchio ed al suo collegamento alle strutture secondo le prescrizioni di progetto. In questa fase ciascun apparecchio dovrà essere preregolato secondo le prescrizioni della DL.

1. Verifica delle sedi predisposte.

Prima di iniziare le operazioni di posa in opera, il Contraente Generale dovrà verificare a sua cura e spese le sedi predisposte nelle strutture sotto e soprastanti gli appoggi.

In particolare, sarà verificata l'orizzontalità della sede, che dovrà essere ripristinata dal Contraente Generale se presenterà difetti superiori alla tolleranza indicata nello 0,1% per ogni tipo di apparecchio.

Tale ripristino sarà a carico del Contraente Generale per difetti di orizzontalità fino allo 0,5%; oltre tale tolleranza per la sola parte eccedente lo 0,5% il ripristino sarà compensato con apposito prezzo.

In ogni caso le irregolarità eventualmente rilevate dovranno essere segnalate dal Contraente Generale alla Direzione dei Lavori per iscritto e prima dell'inizio della posa in opera.

In mancanza di tale comunicazione scritta, si intenderà che il Contraente Generale ha riscontrato la correttezza delle suddette predisposizioni.

2. Collegamento alla struttura e ripristino dell'orizzontalità

Gli appoggi devono essere adeguatamente collegati alle strutture sotto e sovrastanti con zanche d'appoggio.

È a carico del Contraente Generale la realizzazione di tali collegamenti, con tutte le forniture, prestazioni ed oneri ad essa inerenti. In funzione delle condizioni specifiche si potranno impiegare: iniezioni di resina, strati di conguaglio in resina o in malta di resina, in malta cementizia reoplastica (questi ultimi verranno impiegati per spessori superiori ai 5 cm) oppure tirafondi metallici, annegati preventivamente nelle strutture, o sigillati entro gli alloggiamenti appositamente precostituiti.

Le verifiche di posa in opera, saranno effettuate dal Contraente Generale, in contraddittorio con la DL, per ogni lotto di appoggi relativi ad una singola opera d'arte.I controlli riguarderanno, oltre a quanto riportato nel predetto punto:- verifica dell'esistenza del disegno di posa in opera;

- verifica del posizionamento dell'apparecchio, in conformità al disegno di posa;

- planarità delle superfici di appoggio, in modo che i piani di scorrimento degli appoggi siano orizzontali;

- parallelismo dei piani di scorrimento, nel caso in cui sullo stesso asse di appoggio vi siano più apparecchi mobili;

- verifica della pre-regolazione della corsa.

4.24.4. Dispositivi antisismici

4.24.4.1 Generalità

I dispositivi impiegati sono del tipo fluidodinamico precompresso senza danneggiamento e con ricentraggio automatico.

Tali dispositivi reagiscono senza deformazioni apprezzabili nei confronti di azioni istantanee aventi valore assoluto al di sotto della forza di precompressione stabilita per il dispositivo. La forza di precompressione è quindi tarata sulle azioni di esercizio agenti sull'impalcato, quali: frenatura, forza centrifuga, vento e sisma di 1° livello.

In occasione di sisma di 2° livello (sisma con periodo di ritorno 500ennale) il dispositivo supera la forza di precompressione per il quale è stato tarato e si muove dissipando energia. La dissipazione avviene per mezzo del movimento di un pistone all'interno di un serbatoio contenente olio siliconico in pressione.

Ogni insieme cilindro/pistone è la somma in parallelo di una molla precaricata e di uno smorzatore: se una forza assiale al pistone è inferiore alla forza di precarica il dispositivo non si comprime; per forze superiori il dispositivo si comprime e funziona come molla ammortizzata. Ciò fa si che:

L'assorbimento delle forze istantanee è assicurato dalla variazione di volume del fluido siliconico con conseguente aumento di pressione (funzione molla);

L'effetto ammortizzante è dovuto alle perdite di carico indotte dai fenomeni idrodinamici causati dal movimento del pistone all'interno del fluido siliconico contenuto nel cilindro;

L'operazione di ricentragggio degli impalcati deriva dalle differenti forze di compressione agenti nei differenti dispositivi collegati all'impalcato, dovute alla differente deformazione del fluido siliconico nei cilindri (funzione molla).

La legge costitutiva che lega le forze "F" alle velocità "V" di deformazione è:

F=C*(V)^alfa

Dove C e alfa sono costanti e dipendono dal tipo di dispositivo impiegato.

Nei casi di interesse per il progetto in esame i dispositivi sono dotati di cerniere sferiche alle estremità ed il loro vincolo tra sottostruttura e soprastruttura deve poter consentire solo la restrizione degli spostamenti secondo la direzione del pistone, permettendo altresì il libero movimento per tutti gli altri 5 gradi di libertà.

4.24.4.2 Requisiti prestazionali

I requisiti prestazionali da richiedere ai dispositivi sono indicati per i singoli viadotti/ponti negli elaborati progettuali e devono corrispondere ai requisiti prestazionali dei dispositivi da impiegare.

Sinteticamente si possono riassumere come segue:

- Massima reazione che il dispositivo è in grado di espletare "Fa>2*Fs" senza perdere funzionalità.
- Massima reazione espletata dal dispositivo in occasione dell'evento sismico di progetto "Fs". Tale valore è fornito negli elaborati progettuali, è inferiore al valore di cui sopra ed è desunto dai calcoli eseguiti per il progetto esecutivo.
- Forza di precarica "Fo". Tale valore è fornito negli elaborati progettuali ed è desunto dai calcoli eseguiti per il progetto esecutivo.
- Massimo spostamento "d2" per sisma di 2° livello. Tale valore è fornito negli elaborati progettuali ed è desunto dai calcoli eseguiti per il progetto esecutivo.
- Rigidezza "R" in fase elastica del dispositivo (funzione molla). Tale valore è fornito negli elaborati progettuali.
- Coefficienti "C" e "alfa". Tali valori sono forniti negli elaborati progettuali.
- Temperature di esercizio –10°<T<40°.
- Capacità di non impedire i 5 gradi di libertà non interessati dal vincolo.

4.24.4.3 Requisiti progettuali

I ritegni antisismici dovranno essere costruiti in conformità alle norme tecniche previste dal D.M. 09/01/996, dalle relative istruzioni, dalla circolare del Ministero dei Lavori Pubblici del 31/10/1986 e dalle successive modificazioni, dalle norme CNR 10011, nonché secondo le indicazioni fornite dalle "Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico dei ponti e degli edifici" allegate all'Ordinanza del Presidente del Consiglio numero 3274 del 20/03/2003.

I dispositivi antisismici dovranno essere muniti di una targhetta metallica di identificazione sulla quale dovranno essere riportati:

- nome del fabbricante e anno di produzione;-
- modello;
- massima spinta assorbibile "Fa";
- entità della corsa dell'apparecchio mobile con un riscontro di riferimento per la verifica di funzionamento.

I dispositivi di vincolo dovranno essere coerenti con le prescrizioni già richiamate per gli apparecchi di appoggio, menzionate nel paragrafo dedicato nl presente articolo.

Valgono tutte le altre prescrizioni già menzionate precedentemente per gli appoggi per quanto attinente agli obblighi da parte del Contraente Generale per la presentazione del progetto, in considerazione delle specifiche ivi elencate.

Sono confermati tutti i materiali già presi in considerazione nel paragrafo degli appoggi.

I dispositivi nel loro insieme si intendono completi degli ancoraggi meccanici alla struttura, con elementi di vincolo orizzontale, per la risposta calibrata, di tipo idraulico.

I dissipatori all'occorrenza devono consentire la sostituibilità in opera senza necessità di spostamento degli appoggi o dell'impalcato.

Gli spostamenti massimi devono essere pari a quelli di calcolo maggiorati di un fattore di sicurezza (extracorsa) del 50%: dmax = 1.5 d2.

Il fattore di sicurezza globale minimo da garantire rispetto alle azioni di progetto sarà 2: ovvero la massima reazione che il dispositivo è in grado di espletare senza perdere funzionalità è "Fa>2*Fs".

Le parti metalliche devono essere progettate in conformità alle norme emanante ai sensi della legge 1086 del 1971.

Il dispositivo deve potere mantenere un pressione pari al 150% della massima pressione di progetto esplicata sotto sisma di 2° livello.

Il fluido da utilizzare sarà del tipo siliconico, non infiammabile, non tossico e non pericoloso ai fini ambientali.

Il sistema idraulico sarà progettato per consentire automaticamente le variazioni volumetriche del fluido senza perdita di pressione nei circuiti per le temperature di progetto.

La protezione superficiale delle parti strutturali sarà conforme a quanto già previsto nel paragrafo relativo agli appoggi strutturali e conforme alla norma EN1337-9.

4.24.4.4 Prove di qualificazione

In sede di qualifica sarà onere del Contraente Generale produrre la seguente documentazione per ogni diversa tipologia di dispositivo:

- Una relazione tecnica e di calcolo che illustri il comportamento meccanico sia di insieme che dei singoli componenti del dispositivo e

l'aderenza ai requisiti prestazionali individuati nel progetto esecutivo.

- Le prove di laboratorio effettuate dal Costruttore;
- Documentazione di dispositivi analoghi installati dal costruttore negli ultimi 5 anni.
- Sistema di qualità ISO9001 del Costruttore dei dispositivi valida per gli ultimi 5 anni.
- Le caratteristiche tecniche del dispositivo;
- Le modalità di posa in opera del dispositivo.
- Il piano di manutenzione e monitoraggio del dispositivo.
- Gli elaborati di progetto del dispositivo.

In sede di qualificazione saranno eseguite prove sui materiali e sui dispositivi completi. Le prove saranno eseguite su 2 dispostivi per ogni tipologia e riguarderanno:

- Prove finalizzate alla verifica della funzione molla per le azioni di esercizio. Tali prove saranno tese a verificare la forza di precarica e la rigidezza in fase elastica. Saranno condotte applicando al dispositivo una forza crescente, registrando spostamenti e forze. La prova si intende superata se i valori misurati non si discostano dai valori di teorici progetto di ±5%, per forze applicate in entrambe le direzioni.
- Prove finalizzate alla verifica della legge costitutiva F=C*V^alfa, ovvero dei coefficienti C ed alfa. La prova sarà eseguita imponendo al dispositivo 5 cicli completi con ampiezza di ±d2 eseguiti per diversi valori della velocità V (V=beta*Vmax; con beta=0,01, 0,02, 0,05, 0,1, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 e 1,0). La prova si intende superata se i punti del diagramma F-V sono all'interno di un fuso pari al ±10% del valore teorico desunto numericamente.
- Prove finalizzate per valutare lo smorzamento, ovvero la capacità di dissipare energia. La prova sarà eseguita imponendo 5 cicli completi di spostamento con legge pari a "d(t)=d2*sen(2*3,14*fo*t)", dove "fo(Hz)" sarà stabilità al fine di raggiungere durante il ciclo la Vmax. La prova si intende superata se l'energia dissipata per ogni ciclo sarà non inferiore al 90% del valore teorico desunto numericamente.
- Prove finalizzate alla tenuta idraulica. La prova sarà soddisfatta se non si verificherà alcuna perdita di fluido per una pressione apri al 150% della massima pressione di esercizio di progetto mantenuta per almeno 60 secondi.

4.24.4.5 *Prove di accettazione*

Le prove di accettazione saranno condotte per ogni fornitura di apparecchi aventi caratteristiche prestazionali diverse.

Saranno condotte sul 20% degli apparecchi della fornitura (con un minimo di 4) e avranno le stesse modalità e finalità delle prove di qualificazione.

4.24.4.6 *Fabbricazione, assemblaggio e posa in opera*

Per quanto relativo a questi aspetti valgono le indicazioni già espresse nel paragrafo degli appoggi.

4.24.4.7 *Protezione delle parti metalliche*

Gli apparecchi dovranno essere provvisti di un rivestimento protettivo sulle superfici soggette ad aggressione chimica e fotochimica.

4.24.4.8 *Posa in opera*

Il collegamento dei dispositivi di ritegno con l'impalcato e le sottostrutture dovrà essere realizzato in modo che sia garantita la possibilità di una agevole ispezione, relativa manutenzione (verniciatura) ed eventuale sostituzione che dovrà avvenire senza dover sollevare l'impalcato e senza alcuna limitazione all'esercizio.

4.24.5. Oneri a carico del Contraente Generale

Tutte le prove e la documentazione concernente i dispositivi sono a carico del Contraente Generale, che dovrà avviare la procedura di qualificazione con anticipo, prevedendo i tempi di produzione e consegna dei dispositivi senza alterare il programma generale di costruzione dell'opera.

I laboratori per le prove saranno indicati dalla DL.

La Direzione dei Lavori autorizzerà la posa in opera dei dispositivi solo dopo aver completato con esito positivo le prove di accettazione.

L'esame e la verifica, da parte della Direzione dei Lavori, dei progetti delle opere e dei certificati degli studi preliminari, non esonerano in alcun modo il Contraente Generale dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

Quindi resta stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione dei Lavori, il Contraente Generale rimane l'unico e diretto responsabile delle opere a termine di legge, pertanto sarà tenuto a rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

4.24.6. Giunti di dilatazione

A seconda della luce degli elementi strutturali soggetti a dilatazione, verranno impiegati particolari dispositivi intesi ad assicurare la protezione dei giunti all'uopo predisposti e tali da garantire la perfetta impermeabilità della struttura ed impedire il passaggio delle acque al di sotto della soletta. I giunti saranno attrezzati in maniera tale da impedire il libero scolo delle acque sulla sottostruttura, bensì il convogliamento delle acque lontano dalla struttura nelle sedi opportune.

Il Contraente Generale sarà tenuta a fornire i dati tecnici occorrenti per determinare le caratteristiche del giunto in conformità con i requisiti prestazionali indicati in progetto.

I giunti dovranno rispondere a quanto prescritto dal D.M. del Ministero dei LL.PP. in data 4 maggio 1990 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali" e sue istruzioni emanate con circolare Ministero LL.PP. n 34233 del 25-2-1991.

Il Contraente Generale dovrà tener conto, nei propri programmi di lavori, dei tempi necessari per le operazioni di fornitura e montaggio degli apparecchi di giunto oltre che per tutte le predisposizioni sopraindicate.

La Direzione dei Lavori autorizzerà la posa in opera dei dispositivi solo dopo aver completato con esito positivo le prove di accettazione.

L'esame e la verifica, da parte della Direzione dei Lavori, dei progetti delle opere e dei certificati degli studi preliminari, non esonerano in alcun modo il Contraente Generale dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

Quindi resta stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione dei Lavori, il Contraente Generale rimane l'unico e diretto responsabile delle opere a termine di legge, pertanto sarà tenuto a rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

sostituito a cura e spese dell'Impresa.

4.24.6.1 Giunti di dilatazione in acciaio-gomma, a pettine, a piastre metalliche, a lamelle

Le presenti Norme Tecniche riguardano i giunti di dilatazione di superficie, utilizzabili per opere d'arte stradali ed autostradali di nuova costruzione.

4.24.6.1.1 Riferimenti normativi

- Decreto Ministeriale 04.05.90:

Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali;

- Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica (Legge 5 Novembre 1971 n. 1086 e relativo D.M. in vigore);
- Istruzioni CNR 10011-85 «Costruzioni in acciaio: istruzioni per il calcolo, l'esecuzione e la manutenzione»;
- Istruzioni CNR 10018-87 «Apparecchi d'appoggio in gomma e PTFE nelle costruzioni. Istruzioni per il calcolo e l'impiego».

4.24.6.1.2 Tipologie di giunti

I giunti si distinguono in:

- **giunti in gomma-metallo**, normalmente costituiti da una struttura in gomma nella quale mediante il processo di vulcanizzazione o altro processo tecnologico sono inseriti dei profili metallici atti a modificare, in determinati punti, la rigidezza e la portanza della struttura elastomerica;
- **giunti a pettine**, ottenuti mediante la contrapposizione di due elementi metallici (acciaio o alluminio in genere) aventi configurazione a pettine tra loro complementare;
- **giunti a piastra metallica**, nei quali una serie di piastre metalliche nude o rivestite in gomma, tra loro vincolate, forma un sistema articolato che assicura gli scorrimenti richiesti;
- **giunti a lamelle (profilati) trasversali**, in cui la continuità del piano viabile è assicurata da una serie di profili metallici posti in senso trasversale e uniti tra loro da idonei profili in gomma.

4.24.6.1.3 Materiali - requisiti

4.24.6.1.4 Acciaio da costruzione

Per tutti gli acciai da costruzione impiegati per la realizzazione dei giunti dovranno essere indicate le normative di riferimento.

Gli acciai impiegati in elementi soggetti a verifica strutturale dovranno avere i seguenti requisiti minimi di resilienza:

Prova di resilienza a -20 °C

secondo UNI 4713

▯ 27 J

Gli elementi in acciaio vulcanizzati a elementi in gomma e che non presentino saldature sono esclusi dalla suddetta prescrizione.

Tutte le superfici in acciaio non a contatto con il calcestruzzo devono essere protette dalla corrosione, compresa una striscia di 30 mm della parte a contatto col calcestruzzo.

Non necessitano protezioni anticorrosive gli elementi d'acciaio interamente ricoperti da gomma per uno spessore non inferiore a 2 mm e quelli del tipo WT ST 510-3, 9 Cr NiCu P324, CORTEN o similari.

Per la definizione del sistema di protezione anticorrosiva, l'Impresa dovrà documentare:

- la preparazione della superficie;
- il tipo di rivestimento della superficie (zincatura a spruzzo, due strati di vernice epossidica, clorocaucciù, ecc.);
- il numero di strati di vernice impiegata;
- lo spessore minimo di un singolo strato asciutto e spessore minimo totale del film secco;
- la procedura per il trattamento di danneggiamenti locali nella protezione anticorrosiva.

La documentazione deve essere controfirmata dal Produttore di materie prime o componenti che costituiscono l'appoggio.

4.24.6.1.5 Acciaio inossidabile

Per tutti gli acciai inossidabili impiegati per la realizzazione dei giunti dovranno essere indicate le normative di riferimento.

4.24.6.1.6 Superfici di scorrimento e scossaline

Per le superfici di scorrimento in accoppiamento con parti in PTFE è prescritto l'impiego di acciaio inossidabile tipo X5 Cr NiMo 1712 UNI 8317 (AISI 316).

La scossalina principale di tenuta trasversale, se realizzata in lamiera di acciaio inossidabile, dovrà essere in X5 Cr Ni 1810 UNI 8317 (AISI 304), di almeno 0,6 mm di spessore e di valori superiori per giunti di grossa escursione.

4.24.6.1.7 Ancoraggi e bulloneria

Per i tirafondi e la bulloneria in genere sarà impiegato acciaio inossidabile dei seguenti tipi:

- X16 CrNi 16 — UNI 6901-71 allo stato bonificato
- X5 CrNiMo 1712 — UNI 6901-71

4.24.6.1.8 Leghe di alluminio

Per tutte le leghe di alluminio dovranno essere indicate le normative di riferimento. Per la lega di alluminio impiegata nella realizzazione di elementi esposti al traffico dovrà essere prodotta una lista di referenze in impieghi analoghi che n'attesti l'idoneità e la validità nel tempo.

Le caratteristiche minime, salvo migliori prestazioni richieste dal progettista, dovranno risultare le seguenti:

1) Carico unitario di rottura a trazione
   secondo UNI 10002
   215 MPa
2) Carico unitario di scostamento dalla proporzionalità
   secondo UNI 10002
   175 MPa
3) Allungamento
   secondo UNI 10002
   1,5%
4) Durezza Brinell
   secondo UNI 560

70

4.24.6.1.9 Gomma

Le caratteristiche della gomma dovranno essere conformi alle Istruzioni CNR 10018/87.

La scossalina principale di tenuta trasversale, se realizzata in gomma, dovrà essere in uno dei seguenti materiali e spessori minimi, salvo richieste da parte del progettista di migliori caratteristiche:

- guaina in gomma policloroprenica di almeno 2 mm di spessore;
- guaina in Hypalon di almeno 1,2 mm di spessore;
- guaine in doppio strato di hypalon-gomma policloroprenica rispettivamente di spessore 1 e 2 mm per complessivi 3 mm.

4.24.6.1.10 Malte, betoncini e resine

- **Malta cementizia, reoplastica, a ritiro compensato, fibrorinforzata, predosata** con le caratteristiche indicate nelle malte per ripristini, tipo C, salvo migliori disposizioni progettuali.
- **Betoncino cementizio, reoplastico, a ritiro compensato, fibrorinforzato** con le caratteristiche indicate nei betoncini per ripristini, tipo G, salvo migliori disposizioni progettuali.
- **Malta di resina per spessoramenti** con le seguenti caratteristiche, salvo migliori disposizioni progettuali:

Classe di resistenza a compressione - UNI 6132

rilevata su cubi aventi lato di 40 mm a 20 °C dopo 1 d di stagionatura

60 MPa.

Resistenza a flessotrazione rilevata su prismi di 40•40•160 mm a 20 °C

dopo 1 d di stagionatura in accordo alla UNI 6133

25 MPa.

3) Modulo elastico secante a compressione secondo UNI 6556

10.000 MPa.

4) Adesione al calcestruzzo - UNI 8298/1

3 MPa (rottura del supporto in cls).

5) Ritiro - UNI 8687

inferiore a 0,005%

6) Assorbimento di acqua - UNI 7699

inferiore a 0,3% in peso.

- **Sigillante di natura polisolfurica** con le seguenti caratteristiche, salvo migliori disposizioni progettuali:

1) Resistenza a trazione - UNI 8202 parte 8

0,5 MPa;

2) Allungamento a rottura - UNI 8202 parte 8

250%;

3) Permeabilità all'acqua - UNI 8202 parte 21

nulla;

4) Resistenza in nebbia salina - ASTM R 117

650 h

5) Durezza - UNI 4916

25 ShA

- **Malta di resina con funzione di adesivo** con le seguenti caratteristiche, salvo migliori disposizioni progettuali:

1 Resistenza a compressione - UNI 4279

90 MPa;

2) Resistenza a flessotrazione - UNI 7219

50 MPa;

3) Adesione al metallo - ASTM D 1002

10 MPa

4) Adesione al calcestruzzo - UNI 8298/1

3 MPa (rottura del supporto in cls)

5) Ritiro lineare - ASTM D 2556

inferiore a 0,0013 cm/cm

6) Modulo elastico secante a compressione - UNI 6556

6 GPa

7) Gel time - ASTM D 2471

5 °C = 150 min

20 °C = 45 min.

- **Malta di resina con funzione impermeabilizzante-sigillante** con le seguenti caratteristiche salvo migliori disposizioni progettuali:

1) Resistenza a trazione - UNI 8202

3 MPa

2) Durezza - UNI 4916

80 ShA

3) Deformazione residua a trazione - UNI 8202 parte 10

< 15%

4) Permeabilità all'acqua - UNI 8202 parte 21

nulla

5) Adesione al calcestruzzo - UNI 8298/1

3 MPa (rottura del supporto in cls)

4.24.6.1.11 Posa in opera

4.24.6.1.12 Piani e vani di posa

L'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori un mese prima di iniziare le lavorazioni i disegni relativi alle predisposizioni ed alla procedura di montaggio in opera, riferite ad ogni tipologia di giunto o se necessario ad ogni singolo giunto di dilatazione, in posizione di apertura media.

Su tali elaborati dovranno essere riportate le tolleranze di fabbricazione secondo normativa UNI 5307 e le tolleranze relative alle operazioni di posa in opera. Tali indicazioni dovranno in ogni caso riguardare i seguenti punti:

- planarità dei piani di posa;
- complanarità dei due diversi piani di posa;
- dimensioni del varco riferite a temperatura media;
- posizione ed interassi degli ancoraggi.

Tali elaborati saranno ritenuti idonei previa accettazione da parte della Direzione Lavori.

Variazioni rispetto ai valori progettuali riportati nei suddetti disegni dovranno essere concordate con la Direzione Lavori e controfirmati dal Fornitore in qualità di progettista e costruttore dell'appoggio.

Nel caso di installazione di giunti su opere nuove, la posa in opera dopo la stesa della pavimentazione, sarà realizzata secondo le seguenti fasi esecutive:

- taglio della pavimentazione per l'intero suo spessore lungo le linee delimitanti la fascia da asportare;
- demolizione della pavimentazione e dell'eventuale strato di impermeabilizzazione;

- asportazione di eventuali strutture di giunto provvisorio;
- ravvivatura dell'estradosso soletta mediante fresatura, sabbiatura o bocciardatura;
- eventuale getto di malta e/o betoncino cementizi reoplastici, a ritiro compensato, fibrorinforzati, predosati, opportunamente armati, collegati alla testata, per portare in quota il piano di appoggio dell'apparecchio di giunto;
- posizionamento del giunto, da effettuare con appositi apparecchi di livellazione in funzione delle quote della pavimentazione adiacente. La differenza di quota tra il piano della pavimentazione ed il piano del giunto sarà compresa tra +5 mm e 0 mm;
- pre-regolazione, da eseguire a cura di tecnici qualificati e con specifiche attrezzature, tenendo conto dell'apertura strutturale esistente, della funzionalità del giunto precedentemente approvato nonché della stagione e delle caratteristiche dell'opera.

Il raccordo con la pavimentazione, salvo diverse prescrizioni del progetto, sarà di larghezza minima di 100 mm se eseguito con betoncino cementizio, reoplastico, a ritiro compensato, fibrorinforzato e di 50 mm se eseguito con altro prodotto specifico (asfalto colato, resina a basso modulo elastico, ecc.) con caratteristiche indicate dall'Impresa e accettate dalla Direzione Lavori.

I raccordi con i cordoli e le barriere saranno realizzati in funzione delle escursioni del giunto:

- per i giunti di escursione $\leq$ 50 mm:
  - guarnizione elastica inserita nell'apertura strutturale eseguita con materiale conforme a quanto specificato nell'art. 28.1.4.4;

- per giunti di escursione > di 50 mm:
  - coprigiunti metallici solidali ad un impalcato e scorrevoli sull'altro realizzati con materiali conformi a quanto specificato nell'art. 28.1.4.1, protetti dalla corrosione conformemente a quanto specificato nell'art. 28.1.6.7.

Nel caso di manutenzioni, ripristini e adeguamenti, alle operazioni precedentemente descritte sono da aggiungere:

- eventuale asportazione di giunto esistente ammalorato;
- eventuale ripristino della testata di soletta con malta e/o betoncino cementizi reoplastici, a ritiro compensato, fibrorinforzati, predosati opportunamente armati, collegati alla testata, secondo il tipo di degrado riscontrato; tale ripristino avverrà, previa verifica di funzionalità delle armature esistenti e loro eventuale integrazione, con un unico getto sino alla quota del piano di appoggio dell'apparecchio di giunto.

4.24.6.1.13 Sistema di raccolta delle acque

Il giunto di regola dev'essere impermeabile a tutte le acque meteoriche o di lavaggio provenienti dalla superficie del piano viabile.

La raccolta delle acque sarà assicurata, secondo quanto previsto dal progetto, da una scossalina che collega le due testate dell'apertura strutturale oppure da due gronde su ciascuna delle due testate.

Tali dispositivi non devono interferire con le strutture principali dell'opera e devono consentire agevolmente le operazioni di ispezione e manutenzione.

4.24.6.1.14 Prove e controlli

4.24.6.1.15 Generalità

L'Impresa dovrà ottemperare a quanto previsto nella circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 2357 del 16/05/96 e successivi aggiornamenti.

L'accettazione delle partite avverrà tramite prove a carico delle Imprese esecutrici eseguite nel laboratorio della Società.

Qualora la Direzione Lavori rifiuti una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Impresa dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute.

I materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spesa della stessa Impresa.

L'accettazione dei materiali da parte della Direzione Lavori non esime l'Impresa dalla responsabilità circa la buona riuscita delle opere.

4.24.6.1.16 Prova funzionale del giunto

La prova va eseguita su di un prototipo di giunto in scala reale per una larghezza:

- $\geq$ 3,75 m per giunti con appoggi discontinui;
- $\geq$ 1,0 m e comunque coinvolgente almeno n. 2 ancoraggi per parte, per giunti con appoggio continuo.

Le prove consisteranno in:

- n. 10 cicli sperimentali con rilevazione della caratteristica forza-spostamento alle massime escursioni di esercizio;

- n. 3 cicli sperimentali come sopra alle massime escursioni sismiche.

4.24.6.1.17 Prove di carico

La prova statica va effettuata su di un elemento significativo del giunto avente larghezza come definito all'art. 4.24.6.1.16 e consisterà in:

n. 1 prova statica con carico pari a l00 x 1,4 x 1,3 = 182 kN applicato ad un'impronta di 0,30 x 0,30 m disposto sull'elemento di giunto alla massima apertura e nella posizione più sfavorevole.

Durante la prova si misurerà la freccia del giunto che dovrà risultare ≤ al valore teorico. Al termine della prova il giunto non dovrà presentare danneggiamenti.

4.24.6.1.18 Prova a fatica

È richiesta per quei tipi di giunto nei quali le parti soggette a verifica strutturale sono realizzate in elementi metallici.

La prova si effettua su di un elemento di giunto come specificato all'art. 4.24.6.1.16.

Il carico applicato deve variare da zero al carico massimo come più sotto definito con frequenza non superiore a 4 Hz per 2.000.000 di cicli.

Il carico massimo applicato deve essere pari a quello definito nel progetto incrementato del coefficiente dinamico (100 kN x 1,4) su di un'impronta di 0,30 x 0,30 m.

A1 termine della prova il giunto non deve presentare danneggiamenti.

4.24.6.1.19 Prova di adesione al cls

a) eseguita in laboratorio

La prova di adesione si farà su travetti 70•70•280 mm a forma di cuneo con una faccia inclinata di 20°, in calcestruzzo dosato in ragione di 450 kg di cemento per metro cubo d'impasto e stagionato per 28 d.

La faccia sarà spazzolata con spazzola d'acciaio all'atto della sformatura e trattata con la mano d'attacco che sarà utilizzata durante la messa in opera.

Si procederà infine al completamento del travetto mediante colaggio della malta di ripristino.

Il carico sarà applicato assialmente sulle due facce minori.

La resistenza richiesta è quella di taglio sulla faccia inclinata di 20°.

b) eseguita in opera

La verifica di ottenimento dell'adesione in opera si otterrà con il controllo al martello in contraddittorio con l'Impresa.

Qualora risultassero superfici risonanti a vuoto l'Impresa dovrà intervenire, a sua cura e spese, nei modi ritenuti dalla Direzione Lavori più opportuni, per eliminare tali difetti.

Nel caso non fosse possibile ristabilire la continuità con la soletta sottostante l'Impresa provvederà a sua cura e spese alla demolizione e al ripristino del giunto risultato non idoneo.

4.24.6.1.20 Prova di sfilamento tirafondi

La prova di sfilamento dei tirafondi deve essere eseguita con un tirafondo M16 realizzato in materiale analogo a quello utilizzato per il fissaggio dei giunti, ancorato per 110 mm in calcestruzzo Rck ▯ 50 MPa.

Il carico di sfilamento deve essere applicato assialmente al tirafondo con opportune attrezzature che annullino eventuali componenti deviate (snodi).

4.24.6.1.21 Prove di protezione anticorrosiva

Il sistema di protezione anticorrosiva definito, deve essere qualificato tramite le seguenti prove:

- prova in nebbia salina (720 h 5% cloruro di sodio) ISO 7253 - ISO 4628/2/3/4/5;
- misurazione dello spessore minimo del film secco ISO 2080;
- prova di adesione ISO 2409 prima e dopo prova in nebbia salina;
- prova d'urto ISO/TR 6272.

I criteri di accettabilità sono riportarti nella Tabella seguente:

PROVA	NORMA	CRITERI DI ACCETTABILITÀ
Nebbia salina	ISO 7253	Assenza di bolle ISO 4628/2 Assenza di ruggine ISO 4628/3 Assenza di distacco-Ri:1 ISO 4628/4 Assenza di sfaldatura ISO 4628/5
Spessore minimo del film secco	ISO 2808	Come specificato in progetto
Adesione	ISO 2409	0 o 1
Urto	ISO/TR 6272	Nessun danno visibile con una massa di 1 kg ed un'altezza di caduta di 100 mm

4.24.6.1.22 Controllo delle materie prime e componenti

L'Impresa dovrà fornire alla Direzione Lavori la documentazione atta a dimostrare che le materie prime ed i componenti utilizzati per la costruzione dei giunti da parte dei Produttori siano stati prodotti in base ad un sistema di controllo di qualità.

Tutte le materie prime ed i componenti devono essere identificati in modo da poter correlare in ogni momento la documentazione di controllo agli stessi.

La rintracciabilità deve essere garantita durante tutto il processo di fabbricazione ed installazione dei giunti.

I controlli devono essere effettuati dalla Direzione Lavori in contraddittorio con l'Impresa e il Produttore, secondo la tabella seguente:

Tabella - Controllo di materie prime e componenti			
Tipo di controllo	Materiale o componente	Controllo in accordo con	Frequenza
Controllo da parte del Produttore e/o della Direzione Lavori	Acciaio strutturale	UNI EU 18 UNI 552 UNI EN 10025	Ogni colata
	Acciaio inossidabile	UNI 6901	Ogni colata
	Gomma	CNR 10018/87 ▯	Ogni 1,5 m³ di mescola prodotta
	Lega di alluminio	UNI 10002 UNI 560	Ogni colata
	Prodotti componenti malte, betoncini e resine	UNI 6130 UNI 6132 UNI 6133 Scheda tecnica del Produttore	Come previsto dal Produttore
Rapporto di prova di laboratorio di parte terza	Acciaio strutturale ▯	UNI EN 18 UNI 552 UNI EN 10025	Ogni 12 mesi

	Acciaio inossidabile ▯	UNI 6901	Ogni 12 mesi
	Gomma ▯	CNR 10018/87	Ogni 12 mesi
	Prodotti componenti malte, betoncini e resine ▯	Tutti i controlli previsti al punto 28.1.4.5 delle presenti Norme	Ogni 12 mesi
Note: ▯ad esclusione delle seguenti prove: . ▯Modulo G in accordo alla CNR 10018187 cap. 7 e successivi aggiornamenti. ▯da eseguire esclusivamente nel caso in cui il materiale non provenga regolarmente da produttori operanti con sistema di controllo della qualità certificato in accordo alle norme della serie UNI EN 29000 o ISO 9000.			

4.24.6.1.23 Controlli in corso di montaggio

I controlli devono essere effettuati dalla Direzione Lavori in contraddittorio con l'Impresa e il Fornitore, secondo la tabella seguente:

Tabella - Controlli in corso di montaggio				
Tipo di controllo	Soggetto del controllo	Caratteristiche da controllare	Controllo in accordo con	Frequenza
Controllo da parte della Direzione Lavori, dell'Impresa e del Fornitore	Fenditura strutturale	Apertura	Dati forniti da Direzione Lavori	Ogni giunto
	Nicchie di alloggiamento	Dimensioni	Disegni forniti dall'Impresa controfirmati dal Fornitore	Ogni giunto
	Malte, betoncini e resine	Resistenza a compressione	UNI 6130 UNI 6132	ogni lotto di fornitura non superiore a 100 m di giunto e per ogni tipo di malta, betoncino o resina
	Tirafondi	Coppia di serraggio	Disegni forniti dall'Impresa controfirmati dal Fornitore	Ogni tirafondo ▯
		Lunghezza di inghisaggio	Disegni forniti dall'Impresa controfirmati dal Fornitore	Ogni giunto

	Giunto	Preregolazione	Dati forniti dalla Direzione Lavori	Ogni giunto
		Temperatura alla posa	Dati di progetto	Ogni giunto
		Tolleranza di posa in opera	Cap. 28.1.5 delle presenti Norme	Ogni giunto

Note:

La frequenza di prova potrà essere ridotta al 10% dei tirafondi solo se sarà utilizzata sistematicamente un'idonea attrezzatura semiautomatica che assicuri costantemente il corretto serraggio dei tirafondi (avvitatori elettrici o pneumatici regolabili o chiave dinamometrica).

Nel caso che al controllo della Direzione Lavori il corretto serraggio dei tirafondi non sia accettabile nella percentuale compresa tra il 20% e il 50%, sarà esteso il controllo al 20% dei tirafondi; nel caso in cui al controllo della Direzione Lavori, il corretto serraggio non è accettabile nella percentuale compresa tra il 50% e il 100%, sarà eseguito il controllo su tutti i tirafondi.

4.24.6.1.24 Controlli sui prodotti finiti

I controlli devono essere effettuati dalla Direzione Lavori in contraddittorio con l'Impresa e il Fornitore, secondo la tabella seguente:

Tabella - Controlli sui prodotti finiti

Tipo di controllo	Soggetto del controllo	Controllo in accordo con	Frequenza
Controllo da parte della Direzione Lavori, dell'Impresa e del Fornitore	Dimensioni	Disegni forniti dall'Impresa controfirmati dal Fornitore	In accordo a quanto definito dalla UNI 4842-75 per il Piano di Campionamento doppio, livello qualitativo L.Q.A. 4%
	Durezza (ove applicabile)	Disegni forniti dall'Impresa controfirmati dal Fornitore UNI 4916	In accordo a quanto definito dalla UNI 4842-75 per il Piano di Campionamento doppio, livello qualitativo L.Q.A. 4%
	Protezione anticorrosiva (ove applicabile)	Disegni forniti dall'Impresa controfirmati dal Fornitore	In accordo a quanto definito dalla UNI 4842-75 per il Piano di Campionamento doppio, livello qualitativo L.Q.A. 4%

4.24.6.1.25 Controllo dell'inquinamento acustico sui giunti

Per verificare le caratteristiche acustiche dei giunti la Direzione Lavori prescriverà l'esecuzione di una prova finalizzata a misurare l'incremento di rumore dovuto al passaggio del veicolo sul giunto.

Il rumore è, sia quello prodotto verso l'alto rispetto al piano viabile, sia quello prodotto verso il basso, sotto l'intradosso dell'impalcato.

La prova dovrà essere effettuata al fine di:

- omologare preventivamente i giunti;
- verificare la corrispondenza dei giunti installati rispetto a quanto originariamente omologato;
- collaudare il giunto in situ;

- verificare nel tempo il mantenimento delle proprietà acustiche.

La prova andrà effettuata su strada sul giunto installato o anche, se necessario, al di sotto del viadotto.

La velocità del vento durante le misurazioni dovrà essere inferiore a 2 m/s.

La strumentazione di misura dovrà essere conforme a quanto prescritto per i fonometri di classe 1 della norma IEC 651 ovvero CEI 29-1. Se si utilizzano fonometri integratori si dovrà fare riferimento alle norme IEC 831; per i filtri in banda di ottava o terzi di ottava si farà riferimento alla IEC 225.

Le misure di rumore andranno effettuate utilizzando la ponderazione A e la costante di tempo slow.

La sorgente di rumore sarà costituita da un veicolo leggero (es. Fiat Uno) che transita sul giunto con velocità di 100 km/h.

La prova andrà poi ripetuta utilizzando come sorgente di rumore un veicolo pesante definito dalla Direzione Lavori a velocità di 70 km/h.

Per tale prova il microfono ricevitore sarà posto in corrispondenza del giunto ad 1,5 m di altezza dal piano viabile ed un altro microfono sarà posto a 50 m dopo il giunto, entrambi a 4 m di distanza dall'asse del veicolo. La prova andrà eseguita con due microfoni in modo sequenziale, ciascuna per un intervallo di tempo di 2 s relativo al passaggio del veicolo davanti al microfono stesso.

Le rilevazioni andranno effettuate con queste modalità in tratti di strada adiacenti in presenza ed in assenza di giunto ottenendo così i valori dell'incremento di rumore dovuto al giunto come differenza fra le varie letture strumentali.

Ciascuna delle prove previste:

a) in assenza ed in presenza di giunto con veicolo leggero;

b) in assenza ed in presenza di giunto con veicolo pesante;

andrà ripetuta almeno 3 volte e il risultato sarà dato dal valore medio dei valori rilevati nei tre passaggi.

Il confronto tra il rumore misurato in presenza del giunto rispetto a quello misurato in assenza del giunto sarà rilevato con il SEL (Sound Exposure Level) espresso in dB (A).

4.24.6.1.26 Piano di assicurazione qualità

Il piano di assicurazione di qualità (PAQ) comprende la descrizione del processo di produzione ed installazione dei giunti e la precisazione di tutti i controlli eseguiti per assicurare in modo soddisfacente la rispondenza dei giunti alle presenti Norme Tecniche.

L'Impresa deve consegnare il PAQ alla Direzione Lavori, unitamente al progetto esecutivo dei giunti prima dell'inizio della produzione degli stessi, dopo essere stato controfirmato per la parte di competenza dal Fornitore.

4.24.6.1.27 Manutenzione dei dispositivi

Ogni giunto di dilatazione, o se sufficiente ogni tipologia, dovrà essere dotato di un manuale di manutenzione fornito dall'Impresa e controfirmato dal Fornitore, in cui sono indicati modalità, tempistica e frequenza degli interventi di manutenzione ordinaria da eseguirsi sul dispositivo.

In tale manuale dovranno essere riportate anche le procedure da attuare nel caso che si rendessero necessari interventi di manutenzione straordinaria.

4.24.7. Giunti di dilatazione a tampone viscoelastico

Sono giunti il cui dispositivo di continuità e di supporto è costituito da una miscela di bitume modificato con materiali di sintesi di natura elastomerica e/o plastomerica ed inerti di granulometria compresa tra 15-20 mm.

4.24.7.1 Generalità

4.24.7.1.1 Malte e betoncini per ripristini di testate di solette

La posa in opera del giunto di dilatazione a tampone sarà preceduta dall'eventuale ricostruzione del profilo degli elementi strutturali in calcestruzzo (testate solette). Le caratteristiche tecniche dei materiali utilizzati per la ricostruzione sono indicate nel capitolo riguardante i materiali per i ripristini, riportato nelle presenti Norme.

4.24.7.1.2 Dispositivo per i cordoli

Come integrazione ai giunti di dilatazione di tipo viscoelastico, dovranno essere posti in opera dispositivi di finitura del giunto sul cordolo, nel caso che l'opera d'arte sia dotata di cordolo con barriera metallica o con barriera New Jersey. Di tale fornitura le Imprese dovranno esporre sia le modalità di posa in opera, che le caratteristiche dei materiali impiegati.

4.24.7.1.3 Sistema di raccolta delle acque

Il giunto di regola deve essere impermeabile a tutte le acque meteoriche o di lavaggio provenienti dalla superficie del piano viabile.

La raccolta delle acque sarà assicurata, secondo quanto previsto dal progetto, da una scossalina che collega le due testate della apertura strutturale oppure da due gronde su ciascuna delle due testate. Tali dispositivi non devono interferire con le strutture principali dell'opera e devono consentire agevolmente le operazioni di ispezione e manutenzione.

4.24.7.2 Prescrizioni acustiche dei giunti a tampone

Per verificare le caratteristiche acustiche dei giunti installati lungo la rete si prescrive l'esecuzione di una prova finalizzata a misurare l'incremento di rumore dovuto al passaggio del veicolo sul giunto.

Il rumore è sia quello prodotto verso l'alto rispetto al piano viabile, sia quello prodotto verso il basso, sotto l'intradosso dell'impalcato.

La prova dovrà essere effettuata al fine di:

- omologare preventivamente i giunti;
- verificare la corrispondenza dei giunti installati rispetto a quanto originariamente certificato;
- collaudare il giunto in situ;
- verificare nel tempo il mantenimento delle proprietà acustiche.

La prova andrà effettuata su strada sul giunto installato o anche, se necessario, al di sotto di essa. La velocità del vento durante le misurazioni dovrà essere inferiore a 2 m/s.

La strumentazione di misura dovrà essere conforme a quanto prescritto per i fonometri di classe 1 della norma IEC 651 ovvero CEI 29 -1.

Se si utilizzano fonometri integratori si dovrà fare riferimento alle norme IEC 831; per i filtri in banda di ottava o terzi di ottava si farà riferimento alla IEC 225.

Le misure di rumore andranno effettuate utilizzando la ponderazione A e la costante di tempo slow. La sorgente di rumore sarà costituita da un veicolo leggero (es. Fiat Uno) che transita sul giunto con la velocità di 100 km/h.

La prova andrà poi ripetuta utilizzando come sorgente di rumore un veicolo pesante definito dalla Direzione Lavori a velocità di 70 km/h.

Per tale prova il microfono ricevitore sarà posto in corrispondenza del giunto ad 1,5 m di altezza dal piano viabile ed un altro microfono sarà posto a 50 m dopo il giunto, entrambi a 4 m di distanza dall'asse del veicolo. La prova andrà eseguita con due microfoni in modo sequenziale, ciascuna per un intervallo di tempo di 2 s relativo al passaggio del veicolo davanti al microfono stesso.

Le rilevazioni andranno effettuate con queste modalità in tratti di strada adiacenti in presenza ed in assenza di giunto ottenendo così i valori dell'incremento di rumore dovuto al giunto come differenza fra le varie letture strumentali.

Ciascuna delle prove previste:

a) - in assenza ed in presenza di giunto con veicolo leggero;

b) - in assenza ed in presenza di giunto con veicolo pesante;

effettuata con questa modalità, andrà ripetuta almeno 3 volte e il risultato sarà dato dal valore medio dei valori rilevati nei tre passaggi.

Il confronto tra il rumore misurato in presenza del giunto rispetto a quello misurato in assenza sarà rilevato con il SEL (Sound Exposure Level) espresso in dB (A).

La Direzione Lavori, qualora lo ritenesse opportuno al fine di verificare l'eventuale aumento di rumorosità prodotto dal nuovo giunto, si riserva la facoltà di eseguire delle apposite prove.

Il limite di accettazione acustica del giunto anche in relazione alle normative in corso di promulgazione, sarà indicato in fase progettuale, il superamento di detto limite comporterà una riqualificazione gratuita del giunto stesso o, in caso di insuccesso, una sua completa sostituzione con un giunto di caratteristiche migliori.

4.24.7.3 Giunto a tampone viscoelastico

Il giunto a tampone viscoelastico dovrà essere costituito dalle seguenti parti:

- Dispositivo di drenaggio delle acque di sottopavimentazione;

il convogliamento e lo smaltimento delle acque dovrà avvenire in zone che non insistono sulle strutture principali dell'opera. Il dispositivo sarà costituito da un tubo microfessurato avvolto in un sottile foglio di tessuto non tessuto;

- Dispositivo di sostegno del tampone bituminoso in lamierino di acciaio di dimensioni 0,30x0,15x0,002 m;

tale dispositivo deve consentire le dilatazioni termiche della soletta mantenendo inalterata la sua funzionalità; esso deve inoltre conservare le proprie

caratteristiche di tenuta alle temperature di getto del tampone viscoelastico.

- Tampone in conglomerato bituminoso chiuso;

il giunto deve risultare impermeabile, pur consentendo i movimenti di tipo viscoso previsti. Il tampone deve aderire perfettamente alle pareti verticali della pavimentazione e non presentare sconnessioni. La sua composizione è descritta al punto 28.2.2.2.

Lo spessore minimo del tampone viscoelastico deve essere di 11 cm.

4.24.7.3.1 Modalità di esecuzione del giunto

Il giunto a tampone viscoelastico deve essere posto in opera a pavimentazione finita.

L'intera lavorazione comprende:

- asportazione della pavimentazione a cavallo dei giunti di dilatazione da realizzare mediante taglio della pavimentazione per l'intero suo spessore fino a raggiungere l'estradosso delle solette di impalcato, demolizione della pavimentazione e dell'eventuale sottostante strato impermeabilizzante e trasporto a discarica di tutto il materiale di risulta;
- asportazione di eventuali materiali aventi funzione di giunto provvisorio;
- accurata pulizia del piano di posa del tampone o asportazione del calcestruzzo degradato o in fase di distacco;
- trattamento di sabbiatura dell'armatura eventualmente scoperta;
- eventuale ripristino delle testate delle solette con malta e/o betoncino reoplastici fibrorinforzati o con malte cementizio-epossidiche mantenendo la giusta distanza ed una forma il più possibile regolare tra le testate contrapposte;
- asciugatura della sede del giunto a mezzo di lancia termica;
- stesa di una membrana impermeabilizzante (dopo adeguata maturazione della malta) in BITUTHENE HD o ELOTENE-LASCO su tutta la sede del giunto, con l'accortezza che la membrana abbia gioco sufficiente ad assecondare i movimenti del giunto fino alla massima apertura, senza mai introdurre sollecitazioni di trazione su quest'ultima, posta in opera con la consueta forma ad omega tra le testate di soletta;
- introduzione a forza all'interno dello spazio tra le testate delle solette dell'impalcato di una treccia in poliuretano espanso avente la funzione di contenere la prima colata di bitume modificato;
- posa del dispositivo di drenaggio microfessurato rivestito di tessuto non tessuto;
- prima colata di bitume modificato su tutta la sede del giunto (pareti verticali e fondo) impregnando anche la treccia poliuretanica in modo da impermeabilizzarla;
- posa del dispositivo di sostegno in lamierino di adeguata larghezza e spessore e lunghezza pari a 0,30 m, collocati l'uno accanto all'altro;
- seconda colata di bitume modificato sull'intera superficie orizzontale;
- realizzazione del tampone mediante stesa in unico o più strati e successivo costipamento del materiale fino a raggiungere una perfetta complanarità col piano viario;
- colata di finitura in bitume modificato per l'intasamento dei vuoti residui.

4.24.7.4 *Tampone in bitume modificato ed inerti*

Il tampone viscoelastico sarà costituito da:

- legante

bitume modificato con materiali di sintesi di natura elastomerica e/o termoplastici, con bitume di tipo E.

TABELLA - BITUME HARD - LEGANTE "E" (%DI MODIFICANTE/I (*) ≥ 8%)

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Penetrazione @ 25 °C	0,1 mm	EN 1426; CNR 24/71	100-150
Punto di rammollimento (^{00})/valore minimo P.A.	°C	EN 1427; CNR 35/73	≥ 24/70
Punto di rottura (Fraass), max	°C	CNR 43/74	≤-17
Viscosità dinamica @ 160 °C, y=100 s^{-1}, max	Pa*s	SN 67.1722a	≤ 0,8
Ritorno elastico @ 25 °C, 50 mm/min	%	DIN 52013; (CNR 44/74 modificata)	≥ 70

Stabilità allo stoccaggio 3 d, @ 180 °C Punto di rammollimento, max	°C	Vedi Norma in appendice	≤ 3
Valori dopo RTFOT (*0*)			
Perdita per riscaldamento (volatilità) @ 163 °C, max ±	%	CNR 54/77	≤ 0,8
Penetrazione residua @ 25 °C, max	%	EN 1426; CNR 24/71	≤ 50
Incremento del Punto di rammollimento, max	°C	EN 1427; CNR 35/73	≤ 10

(*) Si intendono polimeri elastomerici e/o termoplastici tipo: SBS r, SBS l, SIS, EVA, LDPE, la percentuale complessiva è indicativa; LDPE è presente solo per le pavimentazioni da viadotto.

(00) Incremento del P.A. rispetto al valore minimo di P.A. del bitume di base.

(*0*) Rolling Thin Film Oven Test.

- Inerti

L'aggregato dovrà essere costituito da materiale basaltico o anche da pietrischetti e graniglie di provenienza o natura petrografica diversa, con granulometria compresa tra i 15 e 20 mm.

Tali inerti dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, di forma poliedrica, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei secondo le norme CNR fasc. 4/1953, cap. 1 e 2 e rispondenti ai requisiti della prima categoria.

In ogni caso la qualità della roccia, da cui è ricavato per frantumazione l'inerte, dovrà avere alla prova "Los Angeles" (CNR B.U. n. 34 del 28/03/73 - Prova C) perdita di peso inferiore o uguale al 20%.

4.24.7.4.1 Modalità di esecuzione del giunto

Il giunto a tampone deve essere posto in opera a pavimentazione finita.

L'intera lavorazione comprende:

- l'asportazione della pavimentazione a cavallo dei giunti di dilatazione da realizzare mediante taglio della pavimentazione per l'intero suo spessore fino a raggiungere l'estradosso delle solette di impalcato, demolizione della pavimentazione e dell'eventuale sottostante strato impermeabilizzante e trasporto a discarica di tutto il materiale di risulta;
- asportazione di eventuali materiali aventi funzione di giunto provvisorio;
- ravvivatura estradosso soletta e/o asportazione del calcestruzzo degradato o in fase di distacco;
- esecuzione di fori nelle testate delle solette del diametro di 30 mm posti ad un interasse di 1 m o maggiore e corredati di un'adeguata svasatura per rendere più agevole la captazione delle acque; nell'eventualità che in corrispondenza degli stessi si incontri il traverso di testata si procederà operando con una certa inclinazione tale da non interferire con il traverso stesso;
- trattamento di sabbiatura dell'armatura eventualmente scoperta;
- eventuale ripristino delle testate delle solette con malta e/o betoncino reoplastici fibrorinforzati o con malte cementizio-epossidiche mantenendo la giusta distanza tra le testate contrapposte;
- lavaggio con acqua in pressione o con vapore;
- getto di malta reoplastica premiscelata a ritiro compensato rinforzata con fibre di carbonio, avente una contropendenza longitudinale verso i fori precedentemente realizzati;
- stesa di una membrana impermeabilizzante (dopo adeguata maturazione della malta) in BITUTHENE HD o ELOTENE HD su tutta la sede del giunto, con l'accortezza che la membrana abbia gioco sufficiente ad assecondare i movimenti del giunto fino alla massima apertura, senza mai introdurre sollecitazioni di trazione su quest'ultima, posta in opera con la consueta forma ad omega tra le testate di soletta;
- introduzione a forza all'interno dello spazio tra le testate delle solette dell'impalcato di una treccia in poliuretano espanso;
- posa nei fori della soletta di tubi in PVC del diametro 25 mm aventi una lunghezza sufficiente e comunque mai inferiore allo spessore della soletta;
- posa del dispositivo di drenaggio microfessurato rivestito di tessuto non tessuto;
- inserimento nei fori di drenaggio di uno strato di geotessile tessuto non tessuto con adeguate caratteristiche di resistenza al calore;
- getto di conguaglio in conglomerato bituminoso drenante fino al raggiungimento della quota dell'estradosso del getto necessario alla

contropendenza;

- posa dei dispositivi di sostegno in lamierino di adeguata larghezza e spessore, con lunghezza pari a 0,30 m, collocati l'uno accanto all'altro;

- colata di bitume modificato sull'intera superficie orizzontale e verticale, a temperatura tale da non intasare il sottostante conglomerato bituminoso drenante;

- realizzazione del tampone mediante stesa in unico strato e successivo costipamento del materiale fino a raggiungere una perfetta complanarità col piano viario;

- colata di finitura in bitume modificato per l'intasamento dei vuoti residui;

- posa in opera nell'intradosso delle testate di soletta di un canale di raccolta in PVC delle acque provenienti dai fori di drenaggio.

-

4.24.7.5 *Tampone in bitume modificato ed inerti*

Il tampone viscoelastico sarà costituito da:

- legante

bitume modificato con materiali di sintesi di natura elastomerica e/o termoplastici, con bitume di tipo E.

TABELLA - BITUME HARD - LEGANTE "E" (%DI MODIFICANTE/I (*) ≥ 8%)

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Penetrazione @ 25 °C	0,1 mm	EN 1426; CNR 24/71	100-150
Punto di rammollimento (^{00})/valore minimo P.A.	°C	EN 1427; CNR 35/73	≥ 24/70
Punto di rottura (Fraass), max	°C	CNR 43/74	≤-17
Viscosità dinamica @ 160 °C, γ=100 s^{-1}, max	Pa*s	SN 67.1722a	≤ 0,8
Ritorno elastico @ 25 °C, 50 mm/min	%	DIN 52013; (CNR 44/74 modificata)	≥ 70
Stabilità allo stoccaggio 3 d, @ 180 °C Punto di rammollimento, max	°C	Vedi Norma in appendice	≤ 3
Valori dopo RTFOT (^{*0*})			
Perdita per riscaldamento (volatilità) @ 163 °C, max ±	%	CNR 54/77	≤ 0,8
Penetrazione residua @ 25 °C, max	%	EN 1426; CNR 24/71	≤ 50
Incremento del Punto di rammollimento, max	°C	EN 1427; CNR 35/73	≤ 10

(*) Si intendono polimeri elastomerici e/o termoplastici tipo: SBS r, SBS l, SIS, EVA, LDPE, la percentuale complessiva è indicativa; LDPE è presente solo per le pavimentazioni da viadotto.

(00) Incremento del P.A. rispetto al valore minimo di P.A. del bitume di base.

(*0*) Rolling Thin Film Oven Test.

- Inerti

L'aggregato dovrà essere costituito da materiale basaltico o anche da pietrischetti e graniglie di provenienza o natura petrografica diversa, con granulometria compresa tra i 15 e 20 mm.

Tali inerti dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, di forma poliedrica, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei secondo le norme CNR fasc. 4/1953, cap. 1 e 2 e rispondenti ai requisiti della prima categoria.

In ogni caso la qualità della roccia, da cui è ricavato per frantumazione l'inerte, dovrà avere alla prova "Los Angeles" (CNR B.U. n. 34 del 28/03/73 - Prova C) perdita di peso inferiore o uguale al 20%.

4.24.7.6 Controllo dei requisiti di accettazione e penalità

L'Impresa dovrà ottemperare a quanto previsto nella circolare del Ministero dei LL.PP. n. 2357 del 16/05/96 e successivi aggiornamenti.

L'Impresa ha l'obbligo di eseguire prove sperimentali sui campioni di aggregato o di legante per la relativa accettazione da parte della Direzione Lavori.

L'Impresa è poi tenuta a presentare con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni la composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati in laboratorio, attraverso i quali l'Impresa ha ricavato la ricetta ottimale.

In corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni la Direzione Lavori effettuerà a sua discrezione tutte le verifiche, prove e controlli atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa delle lavorazioni alle prescrizioni contrattuali.

Per effettuare tali determinazioni la Direzione Lavori si dovrà servire del Laboratorio della Società. I costi delle prove saranno addebitati all'Impresa esecutrice.

Eventuali materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese dell'Impresa.

Per i materiali usati nelle riparazioni e nelle forniture, qualora dalle prove eseguite risultassero valori inferiori di non più del 10% rispetto a quelli richiesti, il progettista eseguirà una verifica della sicurezza.

Se tale verifica desse esito positivo, il materiale sarà accettato ma il suo prezzo unitario sarà decurtato del 20%, per tutte le superfici ed i volumi su cui si è operato e per tutti i prezzi e sovrapprezzi con cui è stato compensato.

Qualora i valori risultassero superiori al 10% richiesto o la precedente verifica abbia dato esito negativo, l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spese, alla rimozione dei materiali già posti in opera e alla loro sostituzione con materiali idonei.

Per le superfici risuonanti a vuoto sulle quali non è stato possibile eliminare i difetti, l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spese, alla rimozione dei materiali già posti in opera e alla loro sostituzione con materiali idonei.

Inoltre i giunti dovranno presentare buona regolarità, basso livello di produzione di rumore al passaggio dei veicoli e perfetta impermeabilità.

Il giunto sarà considerato impermeabile se entro due anni dalla sua posa in opera, durante la pioggia e/o dopo alcune ore dall'ultima precipitazione atmosferica, non si vedranno scolature di acqua per un'estensione fino al 10% della sua lunghezza. Nel caso di scolature per un'estensione superiore a detto valore, ma inferiore al 15% della sua lunghezza, sarà applicata una penale del 15% del prezzo pagato per tutte le lavorazioni e forniture necessarie alla sua costruzione.

In caso di scolature per un'estensione superiore al 15%, il giunto dovrà essere ripristinato dall'Impresa a sua cura e spese.

La regolarità della superficie di rotolamento dei pneumatici in corrispondenza dei giunti di dilatazione degli impalcati da ponte dovrà rispondere al seguente requisito:

- indice I.R.I. (International Roughness Index), calcolato (come definito dalla World Bank nel 1986 - The International Roughness Experiment) a partire dal profilo longitudinale della pavimentazione inferiore a 5,0 mm.

Le misure del profilo longitudinale interessano almeno una corsia (marcia o marcia lenta) e dovranno essere eseguite in un periodo compreso tra il 15° e 180° giorno dell'apertura al traffico utilizzando l'apparecchiatura ARAN. Tali misure dovranno essere effettuate con un "passo di misura" di 10 cm e i valori dell'indice IRI saranno calcolati a partire da tale profilo con un "passo" di 5 m.

Per la valutazione della caratteristica di regolarità superficiale dei giunti di dilatazione si farà riferimento ai valori dell'indice IRI nel cui intervallo di calcolo (L= 5 m) si trova ad essere posizionato almeno un giunto; qualora tale parametro non soddisfi le condizioni richieste, il giunto di dilatazione, ricadente nel relativo intervallo di calcolo sarà penalizzato del 15% del suo costo (da calcolare prendendo a riferimento la larghezza complessiva del giunto anche se le misure interessano una corsia), questo fino al raggiungimento di una soglia di non accettabilità appresso specificata.

Il valore della soglia di non accettabilità è:

IRI = 7 mm/m

Qualora il valore di IRI, come definito in precedenza, sia maggiore o uguale al valore ritenuto accettabile sopra specificato, si dovrà procedere gratuitamente all'asportazione completa per tutta la sua larghezza ed al rifacimento del giunto di dilatazione; il nuovo giunto sarà comunque soggetto alle stesse condizioni di controllo ed agli stessi requisiti di regolarità precedentemente descritti.

PROVA DI VERIFICA DELLA STABILITÀ ALLO STOCCAGGIO A CALDO DI UN BITUME MODIFICATO

- Scopo della prova

Questo metodo di prova serve a valutare la stabilità di un bitume modificato allo stoccaggio a caldo e si effettua mediante la determinazione della differenza fra il punto di rammollimento P.A. del terzo superiore e quello del terzo inferiore di un provino cilindrico del bitume in esame, dopo averlo mantenuto per tre giorni alla temperatura massima di stoccaggio.

- Apparecchiatura di prova
  - tubetti cilindrici di circa 3 cm di diametro e 16 cm di altezza, di alluminio sottile, pieghevole non verniciato.
  - stufa con regolazione termostatica fino a T=200 °C, con precisione di ± 1 °C.
  - freezer.
  - apparecchiatura per la determinazione del punto di rammollimento del bitume (CNR BU n.35/1973).

- Procedimento

Dopo aver chiuso un tubetto ad un'estremità stringendola e ripiegandola più volte per un totale di circa 3 cm in modo da ottenere un fondo piatto, si versa 75 g circa del bitume riscaldato alla temperatura minima di colabilità, evitando inclusioni di aria e si lascia raffreddare completamente; la parte superiore del tubetto viene allora stretta e piegata ripetutamente in maniera tale che in esso non rimanga praticamente più aria.
Il tubetto preparato viene sistemato verticalmente nella stufa e mantenuto per 3 d alla temperatura massima di stoccaggio, corrispondente a quella massima di impiego e tipica per il bitume modificato in esame; al termine, si toglie il tubetto dalla stufa e, dopo raffreddamento a temperatura ambiente, lo si raffredda ulteriormente in freezer in modo che il provino di bitume possa essere separato dall'involucro di alluminio. Si taglia quindi il provino cilindrico di bitume perpendicolarmente al suo asse in tre parti di uguale altezza e si scarta quella centrale; sulle parti inferiori e superiori si determina separatamente il punto di rammollimento P.A. con l'approssimazione della prima cifra decimale.

- Espressione dei risultati

La stabilità allo stoccaggio a caldo è espressa dalla differenza fra i punti di rammollimento delle due parti estreme del provino.

- Valutazione dei risultati

Il bitume in esame si considera stabile allo stoccaggio a caldo se la succitata differenza non supera i 3 °C. Qualora non sia rispettato tale limite, il materiale è da ritenersi non idoneo all'uso e pertanto deve essere

4.24.8. Dispositivi per lo smaltimento delle acque

Tali dispositivi verranno eseguiti dal Contraente Generale in conformità alle indicazioni di progetto esecutivo ed alle disposizioni della Direzione Lavori.

Detti dispositivi dovranno rispondere a quanto prescritto dal D.M. del Ministero dei LL.PP. in data 4 maggio 1990 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali" e sue istruzioni emanate con circolare Ministero LL.PP. n° 34233 del 25/2/1991.

I dispositivi saranno attrezzati in maniera tale da impedire il libero scolo delle acque sulla sottostruttura, bensì il convogliamento delle acque lontano dalla struttura nelle sedi opportune.

Il sistema di smaltimento delle acque meteoriche dagli impalcati delle opere d'arte deve essere tale da evitare ristagni sulla sede stradale; deve drenare le acque di pavimentazione ed allontanarle dall'opera senza percolazioni e/o stillicidi sulle strutture sottostanti.

Esso consiste essenzialmente in una rete di pluviali ubicati secondo le previsioni di progetto, in relazione alla geometria plano altimetrica degli impalcati.

I pluviali avranno il diametro e l'interasse indicato in progetto, distribuiti sulle campate in modo da evitare che vengano a cadere sulla mezzeria.

Ciascun pluviale è composto da:

- bocchettone in lastra di piombo di prima fusione, per il collegamento all'impalcato, sigillato con malta di resina epossidica;
- griglia di scarico in acciaio zincato a caldo, posta a protezione del pluviale a quota tale da poter captare le acque meteoriche provenienti dalla pavimentazione;
- tubazione, per il convogliamento delle acque.

Il bocchettone, di dimensioni e spessore indicati in progetto, al quale è affidata la funzione di raccolta ed evacuazione delle acque scorrenti sull'impalcato, deve assicurare anche lo scarico delle acque di drenaggio e di emungimento dagli strati di conglomerato bituminoso.

Dovrà essere costituito da una parte tubolare eduttiva saldata in pezzo unico ad una piastra direttamente poggiata in un incavo predisposto sull'estradosso della soletta, regolarmente stuccata con stucchi epossidici, al di sopra della quale è distesa la impermeabilizzazione e successivamente la pavimentazione stradale.

I tubi di scarico sono collegati ad un collettore longitudinale per il trasporto delle acque alle vasche di prima pioggia.

Detti tubi saranno collegati all'opera con collari e zanche di acciaio inossidabile AISI 304; il tubo non dovrà scorrere entro il collare; ciò si otterrà con guarnizione in neoprene o altri accorgimenti approvati dalla Direzione Lavori.

Quando previsto in progetto, la tubazione in PVC potrà essere sostituita con tubazione in acciaio inox AISI 304, oppure in ghisa centrifugata e ricotta, di tipo leggero, che sarà catramata a caldo sia internamente che esternamente e raccordata con giunti a bicchiere con relativi pezzi speciali.

La griglia di scarico avrà dimensioni come indicate in progetto e sarà conforme alle norme UNI - EN 124.

Nelle strutture a cassone devono praticarsi dei fori di evacuazione di eventuali acque di infiltrazione nei punti di possibile accumulo verso i quali devono essere indirizzate le pendenze interne delle strutture.

Si devono dotare tali fori di tubi di evacuazione in PVC pesante del diametro di 3÷5 cm fissati al conglomerato cementizio con stucchi epossidici ed eventualmente collegati ai tubi principali di discesa ove presenti.

Allo stesso modo dovranno essere trattati gli scarichi dei dispositivi di drenaggio dei giunti se la distanza dai tubi di discesa non eccede il metro e mezzo.

Nel caso di opere di notevoli dimensioni trasversali, in zone di particolare piovosità e comunque in tutti quei casi che presentino condizioni di incertezza, dovrà essere previsto in progetto uno specifico calcolo idraulico basato sulla curva di primo caso critico, per decidere l'interasse dei pluviali e diametro dei bocchettoni e dei tubi di convogliamento.

4.24.9. Sottovia

I sottovia da realizzare al di sotto del tracciato stradale in progetto dovranno essere realizzati in c.a. e come tali rispondere ai requisiti già esposti nell'Articolo "Calcestruzzi" delle presenti Norme Tecniche.
Per l'impermeabilizzazione si rimanda alle tipologie descritte nell'Articolo dedicato alle gallerie artificiali

4.24.10. Specifiche di controllo

La seguente specifica si applica ai vari tipi di ponti viadotti e sottovia ricadenti all'interno dell'infrastruttura stradale.

La documentazione di riferimento comprende tutta quella contrattuale e, più specificatamente, quella di progetto quale disegni, specifiche tecniche, ecc.; sono altresì comprese tutte le norme tecniche vigenti in materia.

Il Contraente Generale è obbligato comunque ad organizzare per proprio conto, con personale qualificato ed attrezzature adeguate, approvate dalla D.L., un laboratorio di cantiere in cui si procederà ad effettuare tutti gli ulteriori accertamenti di routine ritenuti necessari dalla D.L., per la caratterizzazione e l'impiego dei materiali.

I controlli in fase di costruzione sono dei tipi seguenti:

Controlli dimensionali e di posizionamento

Questo tipo di controllo deve essere eseguito prima di ogni fase di lavoro che preveda lavorazioni o messa in opera di profilati, lamiere e ogni altro tipo di componente come specificato nei disegni di progetto.

Controllo delle frecce d'inflessione e corretta posa in opera dei manufatti. Alcuni tipi di travatura potranno essere costruite con controfrecce di montaggio.

Le frecce in oggetto dovranno essere controllate per ogni trave posta in opera e registrate su apposito registro.

Controllo sui rivestimenti e verniciature: il controllore dovrà verificare visivamente lo stato generale delle verniciature e prendere di conseguenza le opportune azioni per il ripristino delle stesse.

Controllo sui pali di fondazione: Si rimanda all'Articolo dedicato ai Pali di fondazione delle presenti Norme Tecniche.

4.24.bis. MANUFATTI TUBOLARI IN LAMIERA D'ACCIAIO ONDULATA

4.24.bis.0. Generalità

Le prescrizioni che seguono si riferiscono a manufatti per tombini e sottopassi aventi struttura portante in lamiera di acciaio ondulata, con onda normale alla generatrice, a piastre multiple o ad elementi incastrati.
L'acciaio della lamiera ondulata dovrà avere uno spessore minimo di 1,5 mm con tolleranza UNI; dovrà essere di tipo Fe 430 ed avere un carico unitario di rottura non minore di 430 MPa; sarà protetto su entrambe le facce da zincatura applicata a caldo, dopo l'avvenuto taglio e piegature dell'elemento, in quantità non inferiore a 305 g/m² per faccia.
L'Impresa per ogni singolo manufatto dovrà richiedere al prefabbricatore, secondo quanto stabilito dall'art. 9 della legge 05/11/71 n. 1086, la seguente certificazione e documentazione:

- una certificazione del produttore attestante la qualità dell'acciaio e la quantità di zinco applicata su ciascuna faccia;

- il progetto esecutivo dell'opera, adattato alla situazione effettiva del luogo, con le caratteristiche geometriche, lo spessore delle lamiere, le modalità ed i particolari di montaggio;
- una relazione di calcolo con la verifica della stabilità statica della struttura in funzione delle dimensioni, delle specifiche condizioni di carico nonché dei carichi accidentali.

La Direzione Lavori, dopo che il Progettista ha preso visione dei documenti di cui sopra e verificato la previsione di utilizzazione del manufatto prefabbricato e il suo organico inserimento nel progetto, autorizzerà l'Impresa ad eseguire i lavori.
Per manufatti da impiegare in ambienti chimicamente aggressivi si dovrà procedere alla loro protezione mediante rivestimento con mastice bituminoso asfaltico fibrorinforzato del peso minimo di 1,5 kg/m² applicato a spruzzo o a pennello, oppure mediante rivestimento di bitume ossidato applicato per immersione a caldo sempre in ragione di 1,5 kg/m².
Tassativamente si prescrive che lo scarico e la movimentazione delle lamiere in cantiere dovrà essere fatta con idonee cautele per non danneggiare il rivestimento, tanto di zinco quanto bituminoso.

4.24.bis.1.Preparazione del letto di posa

La condotta metallica dovrà essere posata su un letto uniforme, omogeneo, stabile e resistente, evitando fondi rigidi con asperità; in ogni caso si sconsiglia la posa della struttura direttamente sopra un fondo roccioso o una piattaforma di conglomerato cementizio.
Il letto di posa sarà sagomato come il profilo del fondo della condotta per permettere un mutuo accoppiamento perfetto.
Nel caso di terreno a debole portanza si dovrà eseguire una bonifica del piano di posa asportando il materiale per la profondità necessaria; si dovrà poi riempire lo scavo con materiale da rilevato compattandolo convenientemente.
In presenza invece di un fondo roccioso si dovrà interporre tra la struttura ed il fondo un materiale granulare compatto di 30 cm di spessore.
In ogni caso si interporrà tra condotta e fondo uno strato di sabbia monogranulare asciutta e pulita dello spessore di 10 cm.
Tale strato non sarà compattato per permettere una perfetta aderenza tra condotta e fondo e dovrà essere esteso in larghezza fino all'attacco delle piastre d'angolo con il fondo.

4.24.bis.2.Montaggio dei manufatti

4.24.bis.2.1. Tombini ad elementi incastrati o imbullonati

Il tombino sarà costituito da due mezze sezioni di lamiera di acciaio cilindriche ondulate e curvate del diametro prescritto; in sede di montaggio le sovrapposizioni radiali dovranno essere sfalsate in modo tale che ogni elemento superiore si innesti a metà circa dei due elementi inferiori corrispondenti; nella fornitura di ogni tombino dovranno pertanto essere compresi due mezzi elementi superiori per ottenere la sfalsatura suddetta.
Gli opposti elementi, superiore ed inferiore saranno legati fra loro mediante appositi ganci in acciaio zincato.
Nelle strutture del tipo ad elementi imbullonati le piastre in lamiera di acciaio zincato saranno collegate mediante bulloni ad alta resistenza.
Per bulloni e dadi dovrà essere prevista una zincatura elettrolitica con bicromatazione di 0,025 mm.
Le forme dei manufatti da realizzarsi mediante le piastre possono essere circolari e ribassate; le parti terminali dei manufatti dovranno essere tagliate obliquamente per adattarsi alle scarpate del rilevato stradale.

4.24.bis.2.2. Condotte a piastre multiple

Ogni piastra dovrà essere contraddistinta con il corrispondente numero di progetto per permettere l'assemblaggio in opera della condotta.
La giunzione delle piastre costituenti la struttura dovrà essere realizzata mediante l'impiego di bulloni ad alta resistenza che dovranno essere serrati con una coppia dinamometrica compresa tra 220÷300 N•m.
Per bulloni e dadi si dovrà prevedere una zincatura elettrolitica con bicromatazione di 0,025 mm.
Il montaggio si esegue inserendo un limitato numero di bulloni aventi il fine di tenere assemblate le piastre nella loro giusta posizione; è opportuno che i bulloni siano lasciati lenti per permettere alle piastre quei piccoli spostamenti che consentono loro eventuali assestamenti.
Terminato il montaggio di tutta la struttura, con l'inserimento quindi anche dei bulloni mancanti, si procederà a stringere i bulloni con le modalità sopra riportate.
Le forme dei manufatti da realizzarsi mediante piastre multiple saranno: circolari, ribassate, policentriche per sottopassi, ad arco.
Le parti terminali dei manufatti dovranno essere tagliate obliquamente per adattarsi alle scarpate del rilevato stradale.

4.24.bis.3.Costipamento laterale e riempimento

Il materiale di rinfianco della condotta, sabbia fine lavata, dovrà essere eventualmente inumidito per facilitare la sua penetrazione sotto i quarti inferiori delle strutture circolari o sotto le piastre angolari di base nelle sezioni ribassate o policentriche.
Dovrà essere posato e compattato a strati orizzontali di spessore non superiore a 30 cm, disposti in modo che il livello di interramento risulti simmetrico sui due lati del manufatto.
La compattazione di ogni strato dovrà essere pari al 90% della densità massima AASHTO MOD..
Nel corso della fase di costipamento in vicinanza della condotta si dovranno utilizzare preferibilmente pestelli pneumatici per evitare di arrecare danni alla condotta stessa. In ogni caso si consiglia di utilizzare con prudenza mezzi meccanici pesanti.
Il rilevato realizzato e costipato intorno alla struttura dovrà estendersi per almeno tre volte il diametro o la luce della condotta e il terreno impiegato per tale rilevato sarà normalmente costituito dal materiale adottato per la realizzazione dello stesso corpo stradale.
Si dovrà inoltre evitare il passaggio dei mezzi di cantiere sulla condotta senza un adeguato ricoprimento della struttura che assicuri un'idonea

ripartizione del carico al fine di non generare nel manufatto sollecitazioni superiori a quelle previste dal calcolo.

4.24.bis.4. Controllo dei requisiti di accettazione

La Direzione Lavori si riserva di far assistere proprio personale alla fabbricazione degli elementi componenti i manufatti allo scopo di controllare la corretta esecuzione secondo le prescrizioni sopra indicate.
Si procederà al collaudo tecnologico per l'accettazione della fornitura dei materiali prelevando, al momento dell'arrivo in cantiere, a cura e a spese dell'Impresa e sotto il controllo della Direzione Lavori, alla presenza di un rappresentante dell'Impresa stessa, alcuni elementi componenti la fornitura.
Di tale operazione sarà redatto apposito verbale firmato dalle parti.
La frequenza dei prelievi sarà di un elemento per ogni partita di 10 t di materiale e, comunque, non meno di uno per ogni singolo manufatto.
Le prove chimiche e meccaniche sugli elementi prelevati, da eseguire a cura e a spese dell'Impresa e sotto il controllo della Direzione Lavori, presso un laboratorio Ufficiale, dovranno accertare la qualità e la resistenza a rottura dell'acciaio, nonché lo spessore dell'elemento e quello del rivestimento di zinco su entrambe le facce (vedi norma UNI 5742-66).
La Direzione Lavori darà benestare per la posa in opera di ciascuna partita soltanto dopo che avrà ricevuto il relativo certificato di prova e avrà constatato la rispondenza dei risultati con le caratteristiche sopra descritte.
In caso di esito negativo la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell'Impresa. I pesi dei manufatti tubolari in lamiera ondulata, in rapporto allo spessore dei vari tipi impiegati, dovranno risultare da tabelle fornite preventivamente da ogni fabbricante, con una tolleranza di ±4%.
Sarà, inoltre, verificato il peso effettivo risultante da apposito verbale di pesatura eseguito in contraddittorio e qualora il peso effettivo sia inferiore al peso teorico diminuito della tolleranza, la Direzione Lavori non accetterà la fornitura.

4.25. STRUTTURE DI SOSTEGNO E CONTENIMENTO IN ELEMENTI PREFABBRICATI

4.25.1. Generalità

Le strutture di sostegno e contenimento in elementi prefabbricati dovranno essere realizzate secondo gli elaborati esecutivi di progetto, redatti nel rispetto delle norme emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 05/11/1971 n. 1086 (D.M. in vigore) e di quelle emanate in applicazione della Legge 02/02/1974 n. 64 (D.M. 03/12/1987 e successivi aggiornamenti).

La Direzione Lavori, dopo che il Progettista avrà preso visione dei documenti di cui all'art. 9 della legge n. 1086 e avrà verificato la previsione di utilizzazione del manufatto prefabbricato e il suo organico inserimento nel progetto, autorizzerà l'Impresa a porre in opera la struttura prefabbricata.

Nella realizzazione dei componenti in conglomerato cementizio vibrato semplice od armato, normale o precompresso e per gli acciai di armatura, dovranno essere rispettate le prescrizioni delle presenti Norme; i geotessili dovranno rispondere alle caratteristiche di cui all'art. 2.

Per tutte le strutture di sostegno e contenimento di cui al presente articolo, gli oneri di brevetto nonché quelli relativi ai calcoli di progetto dei muri prefabbricati sono a carico dell'Impresa.

Quando previsto in progetto, i muri avranno paramento a faccia vista realizzato con lastre in pietra di Luserna, porfido o pietra locale, dello spessore non inferiore a 2 cm, disposte secondo le indicazioni di progetto ed inglobate nel getto. Relativamente agli scavi di fondazione, l'Impresa dovrà rispettare rigorosamente i disegni di progetto; eventuali eccedenze dovranno essere colmate con getti di conglomerato cementizio a cura e spese dell'Impresa.

4.25.2. Muri di sostegno in pannelli di c.a.v.

Costituiti da pannelli in c.a.v. prefabbricati, disposti verticalmente o con scarpa fino al 10%, secondo le previsioni di progetto, irrigiditi nella parte interna da una costolatura estendentesi per l'intera altezza del pannello e da una platea di base in conglomerato cementizio armato, gettata in opera.

Muri di altezza superiore a 5,00 m dovranno avere le costolature collegate con la platea di base mediante tiranti prefabbricati in c.a.v.; la cerniera tra tirante e costolatura del pannello dovrà essere sigillata con malta reoplastica premiscelata a ritiro compensato.

I pannelli dovranno avere lo spessore ai bordi non inferiore a 10 cm e dovranno presentare la faccia in vista piana e ben rifinita, con gli spigoli arrotondati.

Difetti di planarità, verificati con un regolo della lunghezza di 4 m, superiori a 5 mm comporteranno automaticamente il rifiuto del pannello che l'Impresa dovrà allontanare dal cantiere a sua cura e spese. Al piede dei pannelli dovrà essere realizzato un bordino di rifinitura in malta cementizia.

Nei giunti verticali fra i pannelli dovranno essere inseriti profilati in PVC di idonea sagomatura, atti a trattenere materiali di granulometria superiore a 0,5 mm ed aventi superfici dei fori e/o fessure non inferiore a 50 cm² per metro quadrato di pannello per consentire un facile drenaggio delle acque presenti nel rilevato.

Il conglomerato cementizio dei pannelli e dei tiranti prefabbricati dovrà avere classe di resistenza $\geq$ 32/40 MPa; quello per la platea gettato in opera dovrà avere classe di resistenza $\geq$ 25/30 MPa; l'acciaio di armatura dovrà essere del tipo Fe B 44k controllato in stabilimento.

Particolari cautele dovranno essere adottate nel compattamento del rilevato a ridosso dei pannelli facendo eventualmente ricorso anche a pestelli

pneumatici per non danneggiare le strutture.

Relativamente agli scavi, l'Impresa dovrà rispettare rigorosamente i disegni di progetto; eventuali eccedenze dovranno essere colmate con getti di conglomerato cementizio a sua cura e spese.

4.25.3. Muri di sostegno in pannelli di c.a.p.

Costituiti da pannelli in c.a.p. prefabbricati, posti in opera in posizione verticale entro fondazione in c.a.; per muri di altezza superiore a 3,00 m, i pannelli sono ancorati al rilevato retrostante mediante geotessili tessuti in polipropilene rinforzato con cavetti in acciaio. I pannelli dovranno essere monolitici a tutta altezza, di larghezza standard 2,40 m, con superficie in vista concava a profilo circolare e spessore variabile di 26 cm ai bordi e 16 cm in mezzeria, rifinita mediante getto su matrici in gomma.

I bordi laterali dei pannelli, finiti come da progetto, dovranno essere rinforzati con inserti metallici in acciaio zincato, sagomati in modo da costituire giunto a maschio e femmina che garantisca complanarità al paramento del muro.

In corrispondenza di ciascun giunto dovrà essere creato un drenaggio verticale protetto da geodreno di dimensioni minime 10x1,5 cm, con scarico verso l'esterno al piede.

I geotessili di ancoraggio, che hanno una estremità annegata nel getto dei pannelli e sono posizionati nel numero ed alle quote previste in progetto, sono stesi ed inglobati nei rilevati mano a mano che procede la loro formazione.

Particolare cura dovrà essere posta nel costipamento del rilevato al di sopra dei geotessili di ancoraggio in modo da poter garantire un'adeguata efficacia degli stessi ancoraggi.

Il conglomerato cementizio dei pannelli dovrà avere classe di resistenza $\geq$ 35/45 MPa; l'acciaio per l'armatura lenta dovrà essere del tipo Fe B 44K controllato in stabilimento; i trefoli di precompressione dovranno essere formati con fili aventi fp (1) k $\geq$ 1670 MPa e fptk $\geq$ 1865 MPa.

4.25.4. Muri di controripa in pannelli di c.a.v.

Costituiti da pannelli in c.a.v. prefabbricati, disposti verticalmente o con scarpa fino al 15%, secondo le previsioni di progetto, irrigiditi nella parte interna da una costolatura estendentesi per l'intera altezza del pannello e da una platea in conglomerato cementizio armato gettato in opera.

La platea gettata in opera, nel caso dei muri di controripa, è posta in posizione rialzata rispetto alla base dei pannelli per cui in questo tipo di muri, rispetto a quelli di sostegno, non vi sono tiranti di collegamento tra pannelli e platea.

I pannelli dovranno avere lo spessore ai bordi non inferiore a 10 cm e dovranno presentare la faccia in vista piana e ben rifinita, con gli spigoli arrotondati.

Difetti di planarità, verificati con un regolo della lunghezza di 4 m, superiori a 5 mm comporteranno automaticamente il rifiuto del pannello che l'Impresa dovrà allontanare dal cantiere a sua cura e spese.

Al piede dei pannelli dovrà essere realizzato un bordino di rifinitura in malta cementizia.

Nei giunti verticali fra i pannelli dovranno essere inseriti profilati in PVC di idonea sagomatura, atti a trattenere materiali di granulometria superiore a 0,5 mm ed aventi superfici dei fori e/o fessure non inferiore a 50 cm² per metro quadrato di pannello per consentire un facile drenaggio delle acque presenti nel rilevato.

Il conglomerato cementizio dei pannelli e dei tiranti prefabbricati dovrà avere classe di resistenza $\geq$ 32/40 MPa; quello per la platea gettato in opera dovrà avere classe di resistenza $\geq$ 25/30 MPa; l'acciaio di armatura dovrà essere del tipo Fe B 44k controllato in stabilimento.

Particolari cautele dovranno essere adottate nel compattamento del rilevato a ridosso dei pannelli facendo eventualmente ricorso anche a pestelli pneumatici per non danneggiare le strutture.

Relativamente agli scavi, l'Impresa dovrà rispettare rigorosamente i disegni di progetto; eventuali eccedenze dovranno essere colmate con getti di conglomerato cementizio a sua cura e spese.

4.25.5. Muri di sostegno in terra armata

Costituiti da un rilevato armato con armature lineari ad alta aderenza in acciaio laminato del tipo Fe 510, di sezione 40x5 mm o equivalente, zincato a caldo in ragione di 8 g/dm² e spessore medio 0,1 mm e da un paramento verticale in pannelli prefabbricati di c.a.v., avente classe di resistenza $\geq$ 25/30 MPa ed armatura in barre in acciaio Fe B 44k controllato in stabilimento.

Il collegamento tra i pannelli e le armature del terrapieno è realizzato con attacchi in acciaio zincato a caldo annegati nel getto dei pannelli e vincolati ai ferri d'armatura del conglomerato cementizio.

I pannelli di paramento, sagomati e disposti come da progetto, alterneranno nelle file di base e di sommità elementi interi con elementi speciali costituiti da semipannelli; in corrispondenza di spigoli e di coronamenti sub-orizzontali dovranno essere impiegati pannelli speciali in misure fuori standard.

I giunti tra i pannelli devono essere attrezzati per permettere un assestamento flessibile in quelli orizzontali ed il passaggio dell'acqua con trattenuta dei materiali fini in quelli verticali.

I giunti orizzontali saranno costituiti pertanto da strati dello spessore di almeno 2 cm di sughero pressato trattato con resine epossidiche.

Quelli verticali da strisce di schiuma di poliuretano a cellule aperte di sezione 4x4 cm.

I pilastri d'angolo e le lastre coprigiunto, in elementi prefabbricati di c.a.v., dovranno avere le stesse caratteristiche dei pannelli e dovranno comprendere i pezzi speciali, gli attacchi e quant'altro necessario.

In aderenza al paramento interno delle lastre dovrà essere fornito e posto in opera in più riprese un rivestimento costituito da un telo in geotessile non tessuto in polipropilene del peso di 350 g/m².

Il coronamento in sommità dei pannelli costituenti il paramento verticale sarà realizzato in cemento armato secondo le previsioni di progetto.

Nella formazione del rilevato costituente il terrapieno armato dovranno essere applicate norme e prescrizioni contenute nell'articolo (rilevati in terra armata) delle presenti Norme.

L'Impresa dovrà porre particolare cura alla selezione dei materiali costituenti il rilevato, dovrà effettuare il costipamento in spessori ridotti per la presenza delle armature e con particolari cautele a ridosso del paramento esterno.

4.25.6. Strutture di sostegno a scomparti cellulari

Costituite da elementi in c.a.v. prefabbricati, atti a formare, mediante sovrapposizione alternata ortogonale, scomparti cellulari da riempire con materiale lapideo sciolto di fiume, di cava o di frantoio, di idonea pezzatura, contenente una percentuale di fino (limo o argilla) variabile dal 10÷15% ed avente peso specifico non inferiore a 1,9 t/m³.

Gli elementi prefabbricati in c.a.v., di sagomatura come da progetto, dovranno avere classe di resistenza $\geq$ 28/35 MPa ed armatura in barre di acciaio Fe B 44k controllato in stabilimento.

La configurazione delle pareti longitudinali potrà essere verticale o a scarpa, a seconda delle indicazioni di progetto.

Le caratteristiche geometriche degli elementi in c.a.v. dovranno essere tali da inibire la fuoriuscita del materiale di riempimento; in particolare tutti gli elementi longitudinali formanti il paramento in vista dovranno essere sagomati in modo da presentare verso l'esterno una vaschetta che dovrà essere riempita con terreno agrario ed impiantata con piantine di essenze arbustive, rampicanti e tappezzanti, in ragione di quattro piantine per metro di vaschetta.

La struttura sarà appoggiata su fondazione in conglomerato cementizio, che dovrà risultare perfettamente orizzontale; nel caso che il piede della struttura dovesse seguire una pendenza longitudinale, la fondazione dovrà essere eseguita a gradoni, ciascuno di altezza pari o multipla di quella degli elementi.

Durante la realizzazione del muro si dovranno adottare tutti gli accorgimenti necessari per allontanare l'acqua eventualmente presente, in modo da poter eseguire le lavorazioni di posa in opera degli elementi prefabbricati e del terreno agrario all'interno delle vaschette in assenza di acqua.

4.25.7. Strutture di contenimento in elementi scatolari

Costituite da elementi scatolari in c.a.v. prefabbricati, disposti su file perfettamente orizzontali, tra loro intervallati in modo che le pareti degli elementi delle file sottostanti costituiscano appoggio per le pareti degli elementi delle file sovrapposte.

L'arretramento di ciascuna fila rispetto a quella sottostante determinerà un paramento in vista inclinato di circa 70° rispetto all'orizzontale.

Ad avvenuto completamento di ciascuna fila, la struttura risultante dovrà essere riempita fino al contatto con la retrostante parete con un misto di cava od altro materiale, permeabile e sciolto, di idonea pezzatura, compattato a fondo all'interno e tra gli elementi, fino all'incontro con la parete a tergo della struttura.

Per il riempimento degli ultimi 20 cm delle superfici che restano in vista dovrà essere impiegato terreno vegetale così da agevolare l'attecchimento della vegetazione.

Le caratteristiche geometriche degli elementi in c.a.v. e le modalità esecutive della struttura dovranno essere comunque tali da impedire la fuoriuscita del materiale di riempimento.

Gli elementi scatolari ed i relativi pezzi speciali in c.a.v., di forma, dimensioni e finitura come da progetto, dovranno avere classe di resistenza $\geq$ 25/30 MPa ed essere armati con barre e/o rete elettrosaldata di acciaio del tipo Fe B 44k controllato in stabilimento in ragione di 55 kg di acciaio per metro cubo di conglomerato cementizio.

La struttura sarà appoggiata su fondazione in cemento armato, dimensionata come da progetto e dovrà risultare perfettamente orizzontale; nel caso che il piede della struttura dovesse seguire una pendenza longitudinale, sarà eseguita a gradoni, ciascuno di altezza pari o multipla di quella degli elementi.

La struttura dovrà essere completata con gli elementi speciali di chiusura laterale e di chiusura di coronamento; in corrispondenza di ciascun elemento scatolare dovranno essere impiantate almeno tre piantine di essenze arbustive, rampicanti e tappezzanti; dovrà essere sistemato il terreno a monte del coronamento della struttura.

4.25.8. Strutture di sostegno a paramento verde

Costituite da strati di materiali idonei, dello spessore non superiore a 50 cm, alternati con armature in teli di geotessile.

Il paramento in vista delle strutture, inclinato di 50°÷70° rispetto all'orizzontale, sarà formato da una griglia metallica di contenimento e da uno speciale geotessile strutturato in modo tale da trattenere il terreno e la semina e permettere la germinazione del seme attraverso le sue maglie per avere il paramento completamente inerbito.

Il paramento sarà costituito dai seguenti componenti:

- geotessile d'armatura del rilevato, costituito da poliestere o polipropilene a filamento continuo agotrattato delle seguenti caratteristiche:

Categoria dei teli	kN 40	kN 80	kN 100	kN 120
Peso	350 g/m²	700 g/m²	900 g/m²	1050 g/m²
Spessore	2,5 mm	4,0 mm	5,0 mm	6,0 mm
Resistenze: longitudinale trasversale	 40 kN/m 19 kN/m	 80 kN/m 36 kN/m	 100 kN/m 47 kN/m	 120 kN/m 54 kN/m
Allungamento a rottura: longitudinale trasversale	 48% 53%	 45% 43%	 47% 45%	 43% 51%
CREEP nel senso di massima resistenza al 25% del carico di esercizio	nullo	nullo	nullo	nullo
Permeabilità sotto carico di 0,20 MPa	$0,7x10^{-3}$m/s	$0,5x10^{-3}$m/s	$0,4x10^{-3}$m/s	$0,4x10^{-3}$m/s
Trasmissività	$3,0x10^{-5}m^2/s$	$5,0x10^{-5}m^2/s$	$6,0x10^{-5}m^2/s$	$7,0x10^{-5}m^2/s$

- rete metallica elettrosaldata con fili del diametro 6÷10 mm in maglie differenziate di 15x15 e 15x30 cm oppure 12,5x15 e 15x30 cm, rispondenti alle caratteristiche riportate nelle presenti Norme;
- distanziatori e puntoni fissatori del diametro 8÷10 mm, rispondenti alle caratteristiche riportate nelle presenti Norme;
- geotessile composito per il contenimento del paramento di scarpata, costituito da un telo in poliestere o polipropilene a filo continuo, strutturato in maglie di 2x4 mm di contenimento del terreno e di base d'appoggio della vegetazione. Tale geotessile dovrà risultare di peso non inferiore a 200 g/m², avere resistenza allo strappo non inferiore a 15 kN/m e presentare caratteristiche di stabilità ai raggi U.V., di ininfiammabilità e di imputrescibilità;
- la sistemazione in opera dei materiali, la cui stesa e compattazione dovranno essere eseguite per strati di spessore non superiore a 25 cm, fino ad ottenere una densità non inferiore al 95% della densità individuata mediante la prova AASHTO mod;
- la semina a spruzzo del paramento in vista con una miscela avente la seguente composizione:
  - miscuglio di semi di specie erbacee e foraggere in ragione di 50-60 g/m²;
  - composto costituente il supporto del seme, con funzione agglomerante, fertilizzante ecc., comprendente tra l'altro:
    - materiale portante su base organica formato da terreno vegetale, silicati, sostanze concimanti organiche, fibre vegetali, bentonite;
    - materiale ad elevato assorbimento e ritenzione idrica;
    - materiale agglomerante a base di colloidi organici;
    - fibre vegetali biodegradabili;
    - fertilizzanti complessi granulati ad azione ritardata; in ragione di complessivi 5,2 kg/m²
  - acqua in ragione di 15÷20 kg/m².

La Direzione Lavori provvederà a fare eseguire le sottoelencate prove e controlli:

a) per il geotessile d'armatura (per ogni 2.000 m² o frazione):
   - n. 1 prova per la determinazione del peso unitario;
   - n. 1 prova per la determinazione della resistenza allo strappo;
   - n. 1 prova per la determinazione dell'allungamento;
   - n. 1 prova per la determinazione della permeabilità;
   - n. 1 prova per la determinazione della trasmissività;
   - n. 1 prova per attestare le proprietà a lungo termine (CREEP test, secondo BS 6906 parte V, 1991) o prova equivalente approvata dalla Direzione Lavori;

b) per il geotessile di contenimento della scarpata (per ogni 2.000 m² o frazione):
   - n. 1 prova per la determinazione del peso unitario;

- n. 1 prova per la determinazione della resistenza allo strappo;
- n. 1 prova di stabilità ai raggi U.V.;
- n. 1 prova di ininfiammabilità;
- n. 1 prova di imputrescibilità;

c) per la sistemazione in opera delle terre (per ogni 1.000 m³ o frazione):

- secondo le prescrizioni delle Norme Tecniche d'Appalto per le terre armate.

In caso di rilevamento di valori inferiori a quelli prescritti, l'Impresa dovrà a sua cura e spese smantellare l'opera costruita, sostituire i materiali non idonei e provvedere alla successiva ricostruzione.

4.25.9. Struttura di sostegno in terra rinforzata costituita da paramento in pietrame di forma a scatola (Terramesh)

Struttura di sostegno in terra rinforzata costituita da paramento in gabbioni a scatola zincati e plastificati (2x1xl m) muniti di teli in rete zincata e plastificata, per rinforzo e armatura del terrapieno posteriore, di lunghezza 4 m. Il manufatto sarà realizzato in rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo 8xlO in accordo con le Norme UNI 8018, tessuto con trafilato in ferro (conforme alle UNI 3598 per le caratteristiche meccaniche e UNI 10218 per le tolleranze sui diametri) avente carico di rottura compreso fra 38 e 50 kg/mm² e allungamento minimo pari al 12%, avente diametro 2,7 mm interno e 3,7 mm esterno, rivestito in lega eutettica Zinco-Alluminio (5%) conforme alla ASTM 856 con un quantitativo di ricoprimento di almeno 260 g/m².

Gli elementi in gabbioni saranno provvisti di barre di rinforzo zincate e plastificate (filo di diametro 3,4 mm interno e 4,4 mm esterno) inserite all'interno della doppia torsione delle maglie in corrispondenza degli spigoli esterni della struttura e di un diaframma centrale realizzato in modo da conferire continuità, senza legature tra paramento esterno in gabbione ed armature di rinforzo. Si dovrà inserire fra il paramento e il rilevato strutturale un geosintetico ritentore di fine, da utilizzare come interfaccia, costituito da un geotessile a filo continuo in filamento bipolimero coesteso di polipropilene-polietilene assemblato mediante esclusivo processo di termosaldatura ed avente una massa areica di 135 g/m² ed una permeabilità con battente idraulico di 10 cm non inferiore a 90 l/m²/sec.

Il riempimento del paramento esterno sarà eseguito con elementi in pietrame di adeguate dimensioni curandone la faccia-vista.

Il filo in lega Zinco-Alluminio (5%) sarà ricoperto da un rivestimento di materiale plastico di colore grigio a base di PVC (cloruro di polivinile) che dovrà avere uno spessore minimo di 0,5 mm si da incrementare il diametro esterno a circa 3,7 mm.

Il materiale costituente il rivestimento plastico dovrà possedere le seguenti principali caratteristiche:

- peso specifico: compreso tra 1,30 e 1,55 dm³;
- durezza: compresa tra 50 e 60 Shore D secondo metodo di prova ASTM D 2240- 75;
- carico di rottura: superiore a 210 kg/cm²;
- abrasione: perdita di peso inferiore a 190 mg, secondo metodo di prova ASTM D 1242-56 (750);
- temperatura di fragilità inferiore a -30 °C secondo metodo di prova BSS 2782-104 A.

Oltre alle seguenti prove specifiche di invecchiamento artificiale:

- nebbia salina: periodo di prova = 1500 h, metodo di prova ASTM-B 117-90;
- esposizione ai raggi UV: periodo di prova = 2000 h a 63 °C, metodo di prova ASTM D1499-92 e ASTM G23-93 apparratus type E;
- esposizione alle alte temperature: periodo di prova = 24 h a 105 °C, metodo di prova ASTM D1203-89 in accordo con ASTM D2287-92;
- temperatura di fragilità: Cold Bend inferiore a -30 °C secondo metodo di prova BS2782-104 A;

Cold Flex inferiore a +l5 °C secondo metodo di prova BS 2782-151 A (84).

La rete metallica costituente il manufatto sarà del tipo 8xlO con filo di 2,7 mm e dovrà rispettare conformemente alla normativa ASTM A-975-97, le seguenti minime caratteristiche fisico-meccaniche:

- resistenza longitudinale alla torsione 42 kN/m;
- resistenza perpendicolare alla torsione 20 kN/m;
- resistenza in corrispondenza della stringitura 17 kN/m;
- resistenza al punzonamento 23 kN.



Le legature in opera tra i vari elementi in rete metallica saranno effettuate con filo in lega Zinco-Alluminio (5%) plastificato (secondo le normative internazionali sopra specificate), avente diametro 2,2 mm interno e 3,2 mm esterno o con punti metallici in acciaio con diametro 3,00 mm e carico di rottura minimo pari a 170 kg/m².

Prima della messa in opera e per ogni partita ricevuta in cantiere l'Impresa dovrà consegnare alla Direzione Lavori il relativo certificato di collaudo e garanzia rilasciato in originate dalla Ditta produttrice, in possesso di certificazione di sistema qualità in conformità alle normative in vigore, ISO-EN

9002.

La Direzione Lavori preleverà dei campioni per far verificare in Laboratori Ufficiali a cura e spese dell'Impresa le seguenti rispondenze:

- il trafilato in ferro rispetti le norme UNI 3598 ed UNI 10218;
- il rivestimento rispetti le norme ASTM 856, ASTM D 5540-75, ASTM D 1242-56 (750), BSS 2782-104 A oltre che gli standard di invecchiamento artificiale indicati;
- la maglia rispetti la norma UNI 8018;
- la rete rispetti la norma ASTM A-975.

Data in opera compreso ogni fornitura prestazione ed onere occorrenti, inclusi i maggiori oneri di compattazione in presenza di reti metalliche e a ridosso del paramento esterno. Solo escluso la fornitura e posa dei materiali di riempimento dei gabbioni e per la formazione del terrapieno.

Misurazione netta in proiezione verticale del paramento esterno in gabbioni, senza tener conto di eventuali riseghe.

4.26. GALLERIE ARTIFICIALI

Si intendono comprese in questa categoria di lavoro le artificiali. Le gallerie artificiali sono definite come manufatti realizzati totalmente o parzialmente dall'esterno e successivamente ritombati.

Le tipologie di intervento comuni ad entrambe le categorie sono:

- scavi
- consolidamenti
- impermeabilizzazioni
- rivestimenti.

L'Impresa pertanto, dovrà perseguire a sua cura e spese, nella misura adeguata alle singole circostanze, secondo propri criteri e sotto la propria diretta responsabilità tutti quei provvedimenti necessari al rispetto delle Norme suddette, inclusi tra essi in particolare la ventilazione, l'illuminazione dei cantieri di lavoro, etc.

4.26.1. SCAVI

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

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

Si vogliono comprendere tutti gli scavi necessari per la costruzione di gallerie artificiali le quali possono essere realizzate mediante:

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

Dopo la realizzazione dei manufatti, dovrà essere ricostituito il profilo preesistente del piano campagna.

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

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

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

Per quanto applicabili, nell'esecuzione degli scavi dovranno essere rispettate tutte le prescrizioni di cui alla sezione Movimenti di terra, del presente Capitolato.

a) Scavo completamente a cielo aperto: L'impiego di tale soluzione è subordinata alla possibilità della realizzazione di uno scavo completo dal piano di campagna sino al piano di imposta della fondazione del manufatto da realizzare. Il tutto dovrà essere compatibile con la situazione ambientale e le caratteristiche geotecniche dei materiali interessati.

b) Scavo parzialmente a cielo aperto: L'impiego di tale soluzione è subordinata alla possibilità di non poter realizzare lo scavo completo sino al piano di posa della fondazione del manufatto da realizzare, sia in relazione della particolare situazione ambientale, sia in relazione alle caratteristiche geotecniche dei materiali interessati. Tale metodologia di scavo, si limiterà alla costruzione della soletta di copertura o alle relative spalle di sostegno, a secondo delle previsioni progettuali.

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

4.26.2. Specifiche di controllo

La procedura delle prove di seguito specificata, deve ritenersi come minima e dovrà essere incrementata in ragione della difficoltà e importanza dell'opera.

L'Impresa è obbligata comunque ad organizzare per proprio conto, con personale qualificato ed attrezzature adeguate, approvate dalla D.L., un laboratorio di cantiere in cui si procederà ad effettuare tutti gli ulteriori accertamenti di routine ritenuti necessari dalla D.L., per la caratterizzazione dei materiali incontrati negli scavi.

Nel corso dei lavori, al fine di verificare la rispondenza della effettiva situazione geotecnica-geomeccanica con le ipotesi progettuali, la DL, in contraddittorio con l'Impresa, dovrà effettuare la determinazione delle caratteristiche del terreno o roccia sul fronte di scavo.

a) Prove di laboratorio

Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- analisi granulometrica;
- determinazione del contenuto naturale di acqua;
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità, nell'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332;
- eventuale determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio.

b) Prove in sito

si dovrà rilevare l'effettivo sviluppo della stratificazione presente, mediante opportuno rilievo geologico-geotecnico che consenta di identificare le tipologie dei terreni interessati, con le opportune prove di identificazione.

Si dovranno effettuare tutte le prove necessarie allo scopo.

Si dovrà in ogni caso verificare la rispondenza delle pendenze e delle quote di progetto, con la frequenza necessaria al caso in esame.

Le risultanze di tali determinazioni dovranno essere supportate da apposito verbale e mediante l'ausilio di un opportuno rilievo lito-stratigrafico.

4.26.3. Monitoraggio

La raccolta, l'analisi e l'interpretazione dei dati derivanti dalle misure in corso d'opera e durante l'esercizio ha lo scopo di:

- verificare la validità delle previsioni progettuali attraverso un confronto sistematico, in corso d'opera, tra le stesse previsioni e la risposta tenso-deformativa dell'ammasso all'azione di avanzamento e il comportamento delle strutture, permettendo così di adeguare tempestivamente la successione delle lavorazioni;
- assicurare che l'opera esplichi le sue funzioni risultando idonea all'esercizio, resistente e stabile senza riduzioni significative della sua integrità o manutenzioni non previste.

Prima dell'inizio dell'esecuzione delle opere sarà predisposto un piano operativo di monitoraggio per il controllo del comportamento del terreno e delle strutture sia durante i lavori che in fase di esercizio. Tale piano sarà redatto a cura dell'Appaltatore sulla base del programma di monitoraggio indicato nel progetto esecutivo e, sentito il progettista, sottoposto alla D.L. per l'approvazione.

In tale piano dovranno essere chiaramente indicate le ipotesi formulate per la valutazione delle componenti di spostamento, delle deformazioni e delle sollecitazioni indotte nel terreno e nelle strutture.

Dovranno inoltre risultare le ipotesi sulla caratterizzazione geotecnica dei terreni, che dovranno essere verificate sulla base delle misure che saranno svolte nel corso dei lavori.

Nel piano dovranno infine essere indicati: la frequenza delle letture in corso d'opera ed in fase di esercizio; il periodo di tempo nel quale si devono proseguire le misure durante l'esercizio e la frequenza (semestrale o inferiore) delle letture da effettuare dopo il collaudo, per la vita dell'opera. La definizione della frequenza delle letture si baserà sulle indicazioni fornite dal progettista che sono da considerarsi come valori minimi incrementabili in corso d'opera in funzione del comportamento tenso-deformativo dell'ammasso.

La lettura e la interpretazione delle misurazioni durante la costruzione e sino alla data di emissione del certificato di collaudo finale, questa compresa, saranno eseguite a cura dell'Impresa.

Le misure sono tra l'altro volte a determinare:

- le deformazioni indotte nel terreno (naturale o consolidato), durante le operazioni di scavo;
- i valori e le variazioni delle pressioni neutre nel terreno;
- le deformazioni e le tensioni indotte nelle strutture;
- i carichi agenti sulle strutture.



L'interpretazione delle misure effettuate sui rivestimenti definitivi, in base al complesso delle prove eseguite, dovrà permettere di definire il campo tenso-deformativo esistente nella struttura stessa ed il sistema di carichi esterni che lo determinano.

A tale scopo l'interpretazione si dovrà articolare come segue:

- determinazione dei legami funzionali tra i risultati di prova e lo stato tensio-deformativo nella struttura;
- determinazione dei legami funzionali tra situazione tensio-deformativa e carichi esterni, ipotizzando per il rivestimento un comportamento di tipo elastico lineare;
- analisi numerica dei risultati delle misure al fine di determinare la configurazione dei carichi esterni agenti sul rivestimento e il campo tensio-deformativo ad essa associato;
- valutazione delle condizioni di sicurezza della galleria.

Dovranno inoltre essere preventivamente definite le ulteriori verifiche necessarie e gli interventi successivi da eseguire nel caso dette sollecitazioni risultino incompatibili con i limiti indicati come sollecitazione ammissibile.

Gli strumenti di misura e le sezioni strumentate da adottare dipendono dalla complessità della situazione geologico-geotecnica, con particolare riguardo alle specifiche condizioni geostrutturali, morfologiche ed idrogeologiche, nonché al previsto comportamento tenso-deformativo del terreno e delle strutture.

La rapidità e la correttezza delle misure assumono fondamentale importanza ed impongono la presenza costante in cantiere di personale qualificato. La decisione circa le eventuali variazioni da introdurre rispetto a quanto previsto in progetto ed in particolare circa gli eventuali interventi integrativi da adottare, dovranno essere assunte rapidamente sentito il Progettista, e dovranno derivare dall'accurata interpretazione dei dati ottenuti.

Il piano di monitoraggio deve tenere conto dell'affidabilità degli strumenti da utilizzare, della loro semplicità nell'installazione e nella relativa misura, della robustezza e, non ultimo, dei possibili disagi che l'allestimento delle sezioni strumentate comporta all'intera organizzazione di cantiere.

La strumentazione posta in opera dovrà inoltre avere alcuni requisiti funzionali che andranno verificati, certificati e documentati anche quando l'evoluzione tecnologica metterà a disposizione materiali più sofisticati e dispositivi più perfezionati:

- campo di misura o fondo scala ("range");
- massimo campo di misura sopportato dello strumento ("over range");
- ripetitività delle misure;
- precisione;
- durabilità ed affidabilità.

I sistemi di monitoraggio dovranno essere concepiti in modo da realizzare il massimo di modularità e interfacciabilità possibile al fine di poter effettuare la centralizzazione dei dati in punti diversi della galleria o all'esterno.

Per ciascuno strumento il Progettista dovrà definire in quale momento procedere alla lettura di zero, e cioè alla definizione della configurazione di riferimento rispetto alla quale confrontare tutti i valori che andranno determinati in seguito. In generale la lettura di zero verrà effettuata il prima possibile, e comunque prima dell'avanzamento del fronte, per le celle di pressione annegate nei getti, tale lettura verrà eseguita all'atto del disarmo.

La lettura degli strumenti e l'interpretazione delle misure saranno eseguite il più rapidamente possibile da personale qualificato.

Di seguito si riporta una descrizione sintetica delle principali tipologie di misurazione cui di norma si ricorre per il monitoraggio in galleria.

4.26.3.1 Determinazione della sollecitazione in parete (martinetto piatto)

Si determina la sollecitazione circonferenziale agente all'intradosso del rivestimento definitivo.

Il rilascio delle tensioni, provocato da un intaglio eseguito in direzione normale alla superficie della struttura, determina una parziale chiusura dell'intaglio stesso che viene rilevata tramite misure di spostamento.

Viene quindi inserito nell'intaglio uno speciale martinetto piatto, la cui pressione interna viene gradualmente aumentata fino ad annullare lo spostamento prima misurato (cioè ripristinando lo stato tensionale preesistente).

Le misure di spostamento vengono eseguite su diverse basi mediante estensimetro meccanico rimovibile oppure trasduttori elettrici di spostamento. La precisione della lettura è 0. 1 % del fondo scala.

4.26.3.2 Misure assestimetriche

Consistono nel determinare le deformazioni indotte nell'ammasso al contorno del cavo e vengono eseguite tramite assestimetri multibase, che rilevano micromovimenti del terreno in senso assiale alla perforazione in cui sono stati inseriti.

L'assestimetro è costituito da una serie di barre a diversa lunghezza (almeno 4) installate e rese solidali con il terreno in un foro di sondaggio realizzato dalla galleria in direzione radiale, come indicato nel programma di monitoraggio di progetto.

Le misure di spostamento sono effettuate per mezzo di un comparatore meccanico.

La precisione è 0.25% del fondo scala.

Se l'assestimetro è del tipo cementato in foro, la lettura di "zero" dovrà essere eseguita non prima della presa della miscela cementizia della boiacca utilizzata per il riempimento.

4.26.3.3 Misure topografiche

Consistono nel determinare in concomitanza con lo scavo delle gallerie le variazioni di quota di punti ubicati sul piano campagna. Le misure sono effettuate attraverso una livellazione topografica e triangolazione di precisione. La precisione è 1 mm.

4.26.3.4 Misure inclinometriche

Consistono nel determinare il decorso, nel tempo, degli spostamento del terreno nell'intorno della galleria in seguito allo scavo. Le misure sono effettuate mediante una sonda inclinometrica fatta scorrere in un tubo scanalato reso solidale con il terreno all'interno di un foro di sondaggio. La precisione è 0.2 mm/m.

4.26.3.5 Misure estenso-inclinometriche

Consistono nei determinare, nel tempo, gli spostamento del terreno, secondo tre direzioni tra di loro ortogonali, nell'intorno della galleria in seguito allo scavo. Le misure sono effettuate mediante una sonda estenso-inclinometrica fatta scorrere in un apposito tubo munito di ancoraggi posti a distanza di 1 m l'uno dall'altro. Il tubo è reso solidale con il terreno all'interno di un foro di sondaggio che non deve scostarsi più di 3° dalla verticale. La precisione della funzione estensimetrica è pari a 0.003 mm/m. La precisione della funzione inclinometrica è di 0.05 mm/m. Misure della pressione interstiziale e del livello di falda. Consistono nella determinazione della pressione interstiziale nel terreno.

Le misure sono effettuate mediante piezometri installati in foro: a tubo aperto, del tipo Casagrande, o muniti di celle (elettriche, a corda vibrante, pneumatiche). La precisione è 0.2 - 0.5% del fondo scala. La scelta del tipo di piezometro è strettamente vincolata alla natura del terreno.

4.26.3.6 Misure della portata d'acqua in galleria

Consistono nella determinazione delle portate d'acqua allorché le acque sono convogliate in un canale a pelo libero, tramite misuratore di portata a stramazzo in parete sottile: si tratta di uno sbarramento del canale, di norma realizzato con una lastra d'acciaio, che permette il transito dell'acqua, sempre a pelo libero, solo attraverso una sezione di forma nota. Si richiede la restituzione grafica e numerica dei seguenti dati: portate istantanee misurate, diagrammi delle portate in funzione del tempo e delle distanze dal fronte di scavo.

4.27. STRATI DI FONDAZIONE

4.27.1. Misto granulare non legato per fondazione

La fondazione in oggetto è costituita 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.

La fondazione potrà essere formata da materiale d'apporto idoneo pronto all'impiego oppure da correggersi con adeguata attrezzatura in impianto fisso di miscelazione.

Lo spessore della fondazione deve essere conforme agli elaborati di progetto.

4.27.1.1 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:

Serie crivelli e setacci UNI	Passante totale in peso %
crivello 70	100
" 40	75-100
" 25	60-87
" 10	35-67
" 5	25-55
setaccio 2	15-40
" 0,4	7-22
" 0,075	2-10

c) Rapporto tra il passante al setaccio UNI 0,075 mm ed il passante al setaccio UNI 0,4 mm inferiore a 2/3.

d) Perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 30% in peso.

e) Equivalente in sabbia misurato sulla frazione passante al setaccio ASTM n. 4: compreso tra 25 e 65 (la prova va eseguita con dispositivo di scuotimento meccanico). Tale controllo deve anche essere eseguito sul materiale prelevato dopo costipamento. Il limite superiore dell'equivalente in sabbia "65" potrà essere modificato dalla Direzione Lavori in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale. Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35 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 compreso tra 25 e 35.

4.27.1.2 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.

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.

4.27.1.3 Modalità esecutive

Il piano di posa dello strato deve avere le quote, la sagoma, i requisiti di compattezza ed essere ripulito da materiale estraneo.

Il materiale sarà steso in strati di spessore finito non superiore a 20 cm e non inferiore a 10 cm e deve presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti. L'eventuale aggiunta d'acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato. Verificandosi comunque eccesso d'umidità o danni dovuti al gelo lo strato compromesso deve essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento deve presentare in ogni punto la prescritta granulometria. Per il costipamento e la rifinitura saranno impiegati rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi. L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere, accertate dalla Direzione Lavori con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere (prove di costipamento).

Il costipamento d'ogni strato deve 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 0,18. Se la misura in sito riguarda materiale contenente fino al 25% in peso d'elementi di dimensioni maggiori di 25 mm, la densità ottenuta sarà corretta in base alla formula:

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

$$dr = \frac{di\ Pc\ (100 - x)}{100\ Pc - x\ di}$$

Pc = peso specifico degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm

x = percentuale in peso degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm

La suddetta formula di trasformazione potrà essere applicata anche nel caso di miscele contenenti una percentuale in peso d'elementi di dimensione superiore a 35 mm, compresa tra il 25 e il 40%. In tal caso nella stessa formula, al termine x, deve essere sempre dato il valore 25 (indipendentemente dalla effettiva percentuale in peso trattenuto al crivello UNI 25 mm).

Il valore del modulo di deformazione Md, accertato secondo le modalità previste dalle Norme, nell'intervallo compreso fra 1,5 e 2,5 daN/cm², non deve essere inferiore a 1.000 daN/cm².

Il modulo elastico dinamico reale calcolato tramite il programma "PASTREV" della Società dai valori rilevati in opera con prove dinamiche tipo F.W.D. effettuate sullo strato di fondazione, sarà il riferimento prestazionale.

La media dei valori di modulo in daN/cm² ricavata da misure effettuate ogni 100 m e riferite a tratti omogenei del lavoro di almeno 400 m di lunghezza

deve risultare superiore a 1.850 daN/cm².

Per valori inferiori, al misto si effettuerà una detrazione del 10% sul prezzo dello strato e del pacchetto di strati ad esso sovrapposti.

La superficie finita non deve scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllato per mezzo di un regolo di 4 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

Lo spessore deve 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.

4.27.2. Fondazioni a legante idraulico

4.27.2.1 Fondazione (sottobase) in misto cementato confezionato in centrale

4.27.2.1.1 Descrizione

Il misto cementato per fondazione (sottobase) deve essere costituito da una miscela di inerti lapidei, impastata con cemento ed acqua in impianto centralizzato con dosatori a peso o a volume, da stendersi in un unico strato dello spessore indicato in progetto.

4.27.2.1.2 Caratteristiche dei materiali da impiegare

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 inerti.

A discrezione della Direzione Lavori potranno essere impiegate quantità di materiale frantumato superiori al limite stabilito; in questo caso la miscela finale dovrà essere tale da presentare le stesse resistenze a compressione e a trazione a 7 d prescritte nel seguito; questo risultato potrà ottenersi aumentando la percentuale delle sabbie presenti nella miscela e/o la quantità di passante allo 0,075 mm.

Per le granulometrie possibili, detti materiali potranno anche essere integrati con ceneri volanti.

Gli inerti avranno i seguenti requisiti:

Aggregato di dimensioni non superiori a 40 mm, né di forma appiattita, allungata o lenticolare;

Granulometria compresa nel seguente fuso ed avente andamento continuo ed uniforme (CNR B.U. n. 23 del 14.12.1971);

Serie UNI	Passante totale in peso %
crivello 40	100
" 30	80-100
" 25	72-90
" 15	53-70
" 10	40-55
" 5	28-40
setaccio 2	18-30
" 0,4	8-18
" 0,18	6-14
" 0,075	5-10

Perdita in peso alla prova Los Angeles (CNR B.U. n. 34 del 28.3.73) non superiore a 30% in peso;

Equivalente in sabbia (CNR B.U. n. 27 del 30.3.1972) compreso fra 30 e 60;

Indice di plasticità (CNR UNI 10014) uguale a zero (materiale non plastico).

Legante

Deve essere impiegato cemento normale 32,5 o 32,5R (di tipo I, II, III, IV, V). A titolo indicativo la percentuale di cemento deve essere compresa tra il 2,5% e il 3,5% sul peso degli inerti asciutti.

È possibile sostituire parzialmente questa percentuale 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 e spese dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori.

Indicativamente ogni punto percentuale di cemento potrà essere sostituito da 4-5 punti percentuali di ceneri.

Acqua

Deve essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica e qualsiasi altra sostanza nociva. La quantità di acqua nella miscela deve essere quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento con una variazione compresa entro ± 2% del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze appresso indicate.

4.27.2.1.3 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 mancata presentazione della documentazione preliminare comporta la non autorizzazione all'inizio della esecuzione dei lavori, né saranno accettate eventuali lavorazioni svolte prima dell'approvazione delle modalità esecutive.

La percentuale di cemento e delle eventuali ceneri volanti, come la percentuale di acqua, saranno stabilite in relazione alle prove di resistenza eseguite sui provini cilindrici confezionati entro stampi C.B.R. (CNR UNI 10009) impiegati senza disco spaziatore (altezza 17,78 cm, diametro 15,24 cm, volume 3242 cm³).

Per il confezionamento dei provini, gli stampi saranno 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 deve 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 sarà preparata partendo da tutte le classi previste per gli inerti 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.

I campioni da confezionare in Laboratorio devono essere protetti in sacchi di plastica per evitare l'evaporazione dell'acqua. Saranno confezionati almeno tre campioni ogni 250 m di lavorazione.

La miscela sarà costipata su 5 strati con il pestello, l'altezza di caduta di cui alla norma AASHTO modificato, 85 colpi per strato, in modo da ottenere un'energia di costipamento pari a quella della prova citata (diametro pestello 51 ± 0,5 mm, peso pestello 4,535 ± 0,005 daN, altezza di caduta 45,7 cm).

I provini devono essere estratti dallo stampo dopo 24 h e portati successivamente a stagionatura per altri 6 d in ambiente umido (umidità relativa non inferiore al 90% e temperatura di circa 20 °C); 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 da 25 mm) potranno essere determinati i valori necessari al tracciamento dei diagrammi di studio. Lo stesso dicasi per le variazioni della percentuale di legante.

I provini devono avere resistenze a compressione a 7 d non minori di 25 daN/cm² e non superiori a 45 daN/cm², ed a trazione secondo la prova "brasiliana" non inferiori a 2,5 daN/cm². Per particolari casi è facoltà della Direzione Lavori accettare valori di resistenza a compressione fino a 75 daN/cm² (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 devono essere scelti la curva e la densità al fine di confrontare le resistenze ottenute con quelle di progetto da usarsi come riferimento nelle prove di controllo.

4.27.2.1.4 Formazione e confezione delle miscele

Le miscele saranno confezionate in impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Gli impianti devono comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

La zona destinata all'ammannimento degli inerti dovranno essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura. Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

4.27.2.1.5 Posa in opera - tempo di maturazione

La miscela sarà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accettata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti. La stesa sarà eseguita impiegando finitrici vibranti.

Le operazioni di addensamento dello strato devono essere realizzate in 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 atm e carico di almeno 18 t.

Potranno essere impiegati in alternativa rulli misti, vibranti-gommati comunque tutti approvati dalla Direzione Lavori, delle stesse caratteristiche sopra riportate.

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 discrezione della Direzione Lavori, potrà essere consentita la stesa a temperature tra i 298 K e i 303 K. In questo caso però deve essere necessario proteggere da evaporazione la miscela durante il trasporto dall'impianto di confezione al luogo di impiego (ad esempio con teloni); deve essere 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 devono essere eseguite immediatamente dopo la stesa della miscela.

Le condizioni ideali di lavoro si hanno con temperature comprese tra 288 K 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 all'ambiente non scenda al di sotto del 15%, in quanto ciò potrebbe provocare ugualmente un'eccessiva evaporazione della miscela.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non dovrà superare di norma le due ore per garantire la continuità della struttura. Particolari accorgimenti dovranno adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale similare.

Il giunto di ripresa sarà ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola e togliendo la tavola al momento della ripresa della stesa; se non si fa uso della tavola deve essere necessario, prima della ripresa della stesa, provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale.

Non devono 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. Aperture anticipate vanno correlate alle resistenze raggiunte dal misto. Comunque il tempo di maturazione non potrà essere mai inferiore a 48 h.

Strati eventualm e cura e spese dell'Impresa.

4.27.2.1.6 F

Subito dopo il c velo protettivo di emulsione bitum ire sottoposta la fondazione e suc

4.27.2.1.7 N

Con esami giorn tolleranza di ± 5 punti % fino al p o.

A compattazione .3 nel 98% delle misure effettuate

Il valore del mod reso fra 3 e 12 h dalla compattazi

Il riferimento pre rilevati in opera (anche a strato r

La media dei val

Se i valori ricado eo a cui il valore si riferisce.

I valori ricadenti

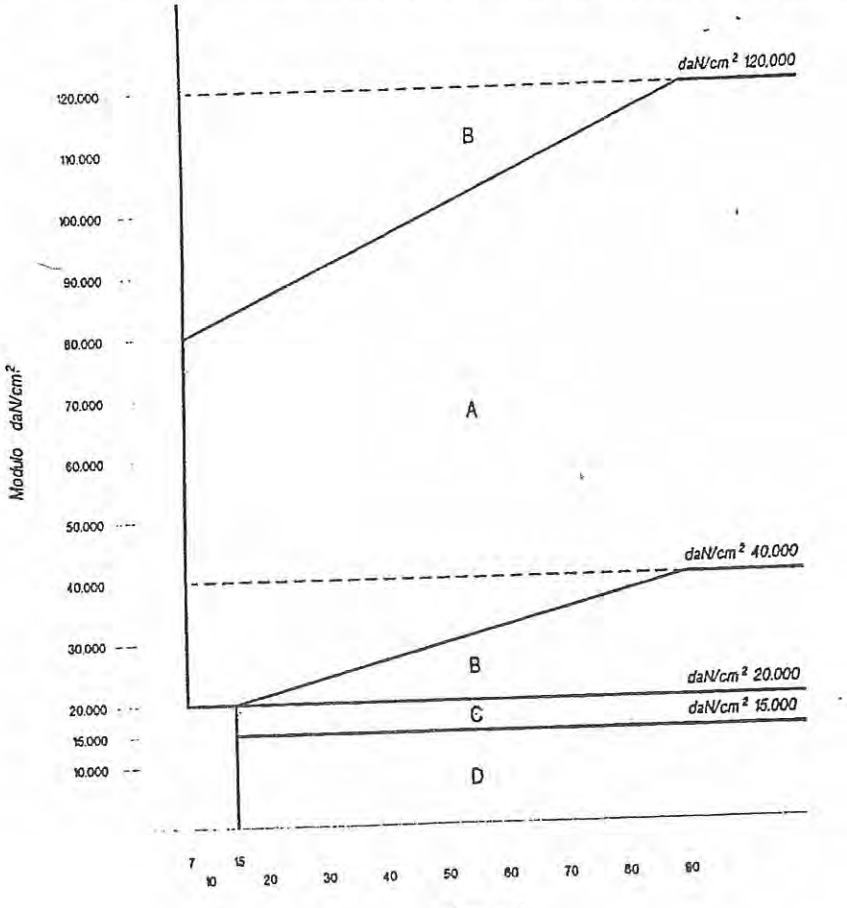


Figura n. 1

4.27.2.2 *Riciclaggio in sito del misto cementato e/o granulare con aggiunta di cemento e acqua*

La rigenerazione in sito a freddo è realizzata mediante idonee attrezzature che consentono di miscelare in sito, anche in cassonetti ricavati da pavimentazioni preesistenti, il misto cementato per fondazione o il misto granulare costituenti la preesistente fondazione, con cemento ed eventuali inerti freschi ed acqua, omogeneizzare, stendere per tutta la larghezza e profondità prevista e compattare la miscela ottenuta per uno spessore massimo di 25 cm. In alternativa si potranno usare materiali fresati di pavimentazioni bituminose; in questo caso si possono accettare resistenze minori di quelle indicate nel seguito, ma con conseguente aumento degli spessori legati, in modo da ottenere comunque i moduli di cui al punto 4.27.2.1.7.

Altri spessori potranno essere richiesti purché non inferiori ai 20 cm e superiori ai 30 cm.

Macchine che non operano nel modo sopraddetto potranno essere allontanate dal cantiere a insindacabile giudizio della Direzione Lavori.

4.27.2.2.1 Caratteristiche dei materiali

Inerti

Nel caso di impiego della preesistente fondazione in misto granulare occorrerà verificare l'assenza di sostanze plastiche (limi, argille) e la rispondenza alle prescrizioni granulometriche (CNR B.U. n. 23 del 14.12.1971) indicate nel fuso seguente:

Crivelli e Setacci UNI	Passante totale in peso
Crivello 71	100
Crivello 40	75 -100
Crivello 25	60 - 87
Crivello 10	35 - 67
Crivello 5	25 - 50
Setaccio 2	15 - 40
Setaccio 0.4	7 - 22
Setaccio 0.075	2 - 10

Qualora le caratteristiche del misto non rispondessero a tali indicazioni la Direzione Lavori ne prescriverà la correzione mediante l'aggiunta di inerti di dimensioni e caratteristiche tali da riportare la curva granulometrica nel fuso richiesto.

Gli inerti di integrazione dovranno provenire esclusivamente da frantumati di cava (frantumazione 100%) e conformi a quanto richiesto dalle specifiche tecniche di cui al punto 4.28.2.1.4 (Strato di collegamento)

Cemento

Dovrà essere impiegato cemento 32,5 o 32,5R (tipo I, III o IV).

Acqua

Dovrà essere impiegata acqua pura ed esente da sostanze organiche.

4.27.2.2.2 Studio della miscela di laboratorio

Le percentuali di cemento e di acqua ottimali e dell'eventuale integrazione di inerti saranno stabilite in relazione alle seguenti prove di laboratorio:

- Eseguire sulla tratta interessata dai lavori prelievi di materiale sciolto fresato in sito e determinare in laboratorio la curva granulometrica di progetto del misto cementato o granulare da trattare (CNR 23/71). Per una corretta valutazione delle caratteristiche del materiale esistente le determinazioni sopra riportate dovranno essere eseguite sulla tratta interessata dai lavori almeno ogni 500 m ed in caso di disomogeneità della miscela, intensificate.
- Determinazione dell'umidità ottimale di costipamento e relativa densità massima secca della miscela di progetto mediante studio Proctor modificato (CNR B.U. n. 69/78). La miscela granulometrica sottoposta a prova Proctor dovrà contenere una percentuale di cemento pari all'incirca della metà di quella ottimale.
- La percentuale di cemento ottimale dovrà essere determinata compattando la miscela, privata del trattenuto al crivello UNI 30 mm, entro stampi CBR (CNR-UNI 10009) impiegati senza disco spaziatore all'umidità ottimale Proctor. La miscela dovrà essere compattata su 5 strati secondo la norma AASHTO modificato (diametro pestello 51 ± 0.5 mm, peso pestello 4.535 ± 0.005 daN, altezza di caduta 45.7 cm) incrementando di volta la percentuale di cemento (indicativamente dell'1%) riferita al peso secco della miscela degli inerti. Per ogni percentuale di cemento dovranno essere confezionati 18 provini. I provini così confezionati dovranno essere estratti dallo stampo dopo 24 h e portati successivamente a stagionatura per altri 2 e 6 d in ambiente umido (umidità relativa non inferiore al 90% e temperatura di circa 20 °C). Da ogni provino, appena confezionato, deve essere immediatamente determinata la densità secca espressa in g/cm³ (CNR B.U. n. 29/72).
- Le rotture dei provini devono avvenire secondo le seguenti modalità:

	ROTTURA A COMPRESSIONE	BRASILIANA
	N. provini	N. provini
24 h di stagionatura:	3	3
72 h di stagionatura:	3	3
168 h di stagionatura:	3	3

Rottura a compressione (CNR B.U. n. 29/72).

Rottura a trazione indiretta (Brasiliana) (CNR B.U. n. 97/84).

- Da questi dati di laboratorio devono essere scelti la curva, la densità e le resistenze di progetto da usare come riferimento nelle prove di controllo.

La miscela ottimizzata dovrà possedere una resistenze a compressione a 7 d non minore di 25 daN/cm² e non superiore a 45 daN/cm², ed a trazione non inferiore a 2.5 daN/cm².

Per particolari casi è facoltà della Direzione Lavori accettare valori di resistenza a compressione fino a 75 daN/cm².

4.27.2.2.3 Posa in opera

La posa in opera della miscela deve essere effettuata mediante sistemi che consentano di ottenere uno strato perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti alla segregazione degli elementi litoidi più grossi.

La miscela appena stesa dovrà essere immediatamente compattata mediante un rullo statico metallico e/o combinato di almeno 35000 daN di peso.

Potranno essere impiegati in alternativa rulli misti, vibranti-gommati comunque tutti approvati dalla Direzione Lavori, delle stesse caratteristiche sopra riportate.

Al termine della compattazione lo strato finito dovrà avere una densità secca uniforme in tutto lo spessore non inferiore al 98% di quella Proctor.

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura dovrà essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione acida al 55% in ragione di 1÷2 daN/m² ed un successivo spargimento di sabbia.

Con temperatura dell'aria inferiore ai 5 °C la lavorazione della miscela dovrà essere sospesa e comunque sempre in caso di pioggia.

Le lavorazioni successive e l'apertura al traffico dipenderà dalle resistenze raggiunte, comunque saranno decise di volta in volta.

4.27.2.2.4 Norme di controllo delle lavorazioni - prestazioni

Vedi paragrafi precedenti.