



DIREZIONE GENERALE ROMA

AUTOSTRADA A1 MILANO - NAPOLI

da progr. km 144+519 a progr. km 152+500

PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO AI SENSI DELLA LEGGE QUADRO n. 447/95

PROGETTO DEFINITIVO

MACROINTERVENTI 106-107

REGGIO EMILIA - CORREGGIO - SAN MARTINO IN RIO - RUBIERA

DOCUMENTI TECNICO-AMMINISTRATIVI

Titolo Elaborato

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO PARTE II - NORME TECNICHE

| | | | | | | | | | | |
|---------|--|--|--|---------------|--|-------------|---------|------------|-----------|----------------|
| Comessa | Codice Elaborato | Rev | Scala | Data | autostrade per l'italia Società per azioni <i>(Daniel Troisi)</i> IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO IL R.U.P. DI TROPPI | | | | | |
| 01 314 | DTA 006 | 1 | | 01-2019 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | IL PROGETTISTA SPECIALISTA autostrade per l'italia Società per azioni G. PIACENTINI Ord. Arch. Roma N. 14578 Sez. A | IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE autostrade per l'italia Società per azioni E. PAMPANA Ord. Ing. ROMA N. A-27062 | IL RESPONSABILE PROTEZIONI ANTIRUMORE E. PAMPANA | Rev | Descrizione | Data | Redatto | Verificato | Approvato | Il Committente |
| 0 | EMISSIONE PER VALIDAZIONE TECNICA | 09-2017 | G. DI FABRIZIO | G. PIACENTINI | E. PAMPANA | M. DONFERRI | | | | |
| 1 | EMISSIONE PER CDS | 01-2019 | | G. PIACENTINI | E. PAMPANA | M. DONFERRI | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | |

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

PARTE SECONDA

NORME TECNICHE

I N D I C E

| | |
|---|----|
| 1 OGGETTO DELLE NORME TECNICHE | 11 |
| 2 DOCUMENTI CORRELATI | 12 |
| 3 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI | 13 |
| 4 ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE | 14 |
| 5 SICUREZZA E SORVEGLIANZA | 15 |
| 6 OBBLIGHI VARI NELL' ESECUZIONE DEI LAVORI | 16 |
| 7 DEMOLIZIONI | 17 |
| 7.1 DEMOLIZIONE DI MURATURE | 17 |
| 7.2 DEMOLIZIONE DI SOVRASTRUTTURA STRADALE | 18 |
| 7.2.1 DEMOLIZIONE PARZIALE DI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO REALIZZATO CON FRESE | 18 |
| 7.2.2 DEMOLIZIONE DELL'INTERA SOVRASTRUTTURA REALIZZATA CON SISTEMI TRADIZIONALI | 19 |
| 7.3 RIMOZIONI | 19 |
| 8 MOVIMENTI DI TERRA..... | 21 |
| 8.1 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI | 21 |
| 8.1.1 DISERBAMENTO E SCOTICAMENTO | 21 |
| 8.1.2 SCAVI | 21 |
| 8.1.3 RINTERRI | 22 |
| 8.2 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI | 22 |
| 8.3 CONTROLLI | 23 |
| 9 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO | 24 |
| 9.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 24 |
| 9.2 CLASSIFICAZIONE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI | 24 |
| 9.3 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI | 27 |
| 9.3.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI | 27 |
| 9.3.2 CARATTERISTICHE DELLE MISCELE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI | 34 |
| 9.3.2.1 .Requisiti generali | 34 |
| 9.3.3 DURABILITÀ DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI | 35 |
| 9.3.4 TIPI E CLASSI DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI | 36 |
| 9.3.5 QUALIFICA PRELIMINARE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI | 38 |
| 9.3.5.1 .Dossier di Prequalifica | 41 |
| 9.3.5.2 .Qualifica all'impianto | 41 |
| 9.3.5.3 .Autorizzazione ai getti | 42 |
| 9.3.6 CONTROLLO IN CORSO D'OPERA | 43 |
| 9.3.6.1 .Resistenza dei conglomerati cementizii | 43 |
| 9.3.6.1.1 Controlli di accettazione con metodo Tipo A | 44 |

| | |
|--|----|
| 9.3.6.1.2 <i>Controlli di accettazione con metodo Tipo B</i> | 44 |
| 9.3.6.2 .Non conformità dei controlli di accettazione | 44 |
| 9.3.7 TECNOLOGIA ESECUTIVA DELLE OPERE | 45 |
| 9.3.7.1 .Confezione dei conglomerati cementizi | 45 |
| 9.3.7.2 .Getti in clima freddo | 46 |
| 9.3.7.2.1 <i>Mantenimento della temperatura del calcestruzzo per evitare il congelamento</i> | 46 |
| 9.3.7.2.2 <i>Coibentazione</i> | 47 |
| 9.3.7.2.3 <i>Protezione</i> | 47 |
| 9.3.7.2.4 <i>Requisito di resistenza</i> | 48 |
| 9.3.7.2.5 <i>Ulteriori precauzioni</i> | 48 |
| 9.3.7.2.6 <i>Misure di temperatura</i> | 48 |
| 9.3.7.3 .Getti clima caldo | 48 |
| 9.3.7.4 .Getti massicci | 48 |
| 9.3.7.5 .Getti di lunghezza elevata | 49 |
| 9.3.7.6 .Trasporto e consegna | 49 |
| 9.3.7.7 .Prova sui materiali e sul conglomerato cementizio fresco | 50 |
| 9.3.7.8 .Casseforme e posa in opera | 51 |
| 9.3.7.9 .Compattazione | 52 |
| 9.3.7.10 Riprese di getto | 53 |
| 9.3.7.11 Prevenzione delle fessure da ritiro plastico | 54 |
| 9.3.7.12 Disarmo e scasseratura | 54 |
| 9.3.7.13 Protezione dopo la scasseratura | 54 |
| 9.3.7.14 Maturazione accelerata a vapore | 55 |
| 9.3.7.15 Predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature, oneri vari | 55 |
| 9.3.7.16 Predisposizione delle armature per c.a. | 56 |
| 9.3.8 CALCESTRUZZO REODINAMICO SCC | 56 |
| 9.3.9 CALCESTRUZZI LEGGERI | 57 |
| 9.3.9.1 .Calcestruzzo leggero strutturale | 57 |
| 9.3.9.2 .Calcestruzzo leggero non strutturale e cellulare | 57 |
| 9.3.10 CALCESTRUZZO AD ALTA RESISTENZA..... | 58 |
| 9.3.11 ELEMENTI PREFABBRICATI..... | 58 |
| 9.3.11.1 Prefabbricati prodotti in stabilimento | 58 |
| 9.3.11.2 Produzione di prefabbricati a piè d'opera | 59 |
| 9.3.12 ACCIAIO D'ARMATURA PER C.A. | 59 |
| 9.3.13 CARATTERISTICHE ESTETICHE | 61 |
| 9.3.14 MAGRONI E MALTE | 62 |
| 9.3.14.1 Magroni | 62 |
| 9.3.14.2 Malta di livellamento | 62 |
| 9.3.14.3 Malte speciali per inghisaggi | 62 |
| 9.4 FANGHI BENTONITICI | 62 |
| 9.4.1 DEFINIZIONE E CAMPI DI APPLICAZIONE..... | 62 |
| 9.4.2 PREPARAZIONE DEL FANGO | 63 |
| 9.4.3 TRATTAMENTO DEL FANGO | 63 |
| 9.4.4 CONTROLLO DEL FANGO..... | 64 |
| 9.5 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI | 64 |

| | |
|--|-----------|
| 9.6 CONTROLLI DI QUALITÀ | 65 |
| 9.6.1 QUALIFICAZIONE..... | 65 |
| 9.6.2 CONTROLLI IN CORSO D'OPERA | 67 |
| 9.7 PROVE DI CARICO | 69 |
| 10 PALI..... | 70 |
| 10.1 NORMATIVE DI RIFERIMENTO | 70 |
| 10.2 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI | 70 |
| 10.2.1 SOGGEZIONI GEOTECNICHE ED AMBIENTALI | 70 |
| 10.2.2 PROVE TECNOLOGICHE PRELIMINARI | 71 |
| 10.2.3 TOLLERANZE..... | 71 |
| 10.2.4 MATERIALI..... | 71 |
| 10.2.5 MODALITÀ ESECUTIVE | 72 |
| 10.3 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI | 74 |
| 10.4 CONTROLLI DI QUALITÀ | 75 |
| 10.5 PROVE DI CARICO | 75 |
| 10.5.1 PROVE DI CARICO VERTICALE | 75 |
| 10.5.2 PROVE DI CARICO ORIZZONTALE | 77 |
| 11 MICROPALI | 79 |
| 11.1 NORMATIVE DI RIFERIMENTO | 79 |
| 11.2 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI | 79 |
| 11.2.1 SOGGEZIONI GEOTECNICHE ED AMBIENTALI | 79 |
| 11.2.2 PROVE TECNOLOGICHE PRELIMINARI | 80 |
| 11.2.3 TOLLERANZE..... | 80 |
| 11.2.4 MATERIALI..... | 81 |
| 11.2.5 MODALITÀ ESECUTIVE | 82 |
| 11.2.6 CARATTERISTICHE DELLE MALTE E PASTE CEMENTIZIE DA IMPIEGARE PER LA FORMAZIONE DEI MICROPALI | 84 |
| 11.3 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI | 85 |
| 11.4 CONTROLLI DI QUALITÀ | 86 |
| 11.5 PROVE DI CARICO | 86 |
| 11.5.1 PROVE DI CARICO VERTICALE | 87 |
| 11.5.2 PROVE DI CARICO ORIZZONTALE | 89 |
| 12 PALI BATTUTI | 90 |
| 12.1 PROVE TECNOLOGICHE PRELIMINARI | 90 |
| 12.2 PREPARAZIONE DEL PIANO DI LAVORO | 90 |
| 12.3 SOGGEZIONI GEOTECNICHE E AMBIENTALI | 90 |
| 12.4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI | 91 |
| 12.5 TOLLERANZE GEOMETRICHE | 91 |
| 12.6 TRACCIAMENTO | 91 |
| 12.7 INFISSIONE | 92 |

| | |
|--|------------|
| 12.8 CONTROLLI E DOCUMENTAZIONE LAVORI | 93 |
| 13 PALI INFISI | 94 |
| 13.1 TOLLERANZE GEOMETRICHE | 94 |
| 13.2 TRACCIAMENTO | 94 |
| 13.3 INFISSIONE | 94 |
| 13.4 CONTROLLI E DOCUMENTAZIONE DEI LAVORI | 95 |
| 14 ANCORAGGI AI MANUFATTI ESISTENTI | 97 |
| 14.1 NORMATIVE DI RIFERIMENTO | 97 |
| 14.2 PROVE PRELIMINARI | 97 |
| 14.2.1 TOLLERANZE | 97 |
| 14.2.2 MATERIALI | 97 |
| 14.2.3 MODALITÀ ESECUTIVE | 98 |
| 14.3 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI | 99 |
| 14.4 CONTROLLI DI QUALITÀ | 100 |
| 14.5 PROVE DI CARICO SUI MURI E SULLE SOLETTE D'IMPALCATO | 100 |
| 15 PANNELLI ACUSTICI | 101 |
| 15.1 CARATTERISTICHE GENERALI | 101 |
| 15.2 CARATTERISTICHE ACUSTICHE | 102 |
| 15.2.1 DESCRIZIONE METODOLOGIE DI MISURA | 102 |
| 15.3 CARATTERISTICHE NON ACUSTICHE | 103 |
| 15.3.1 RESISTENZA AI CARICHI DOVUTI AL PESO PROPRIO, VENTO E SOVRAPPRESSIONE DA TRANSITO DEI VEICOLI | 103 |
| 15.3.2 IMPATTO DI OGGETTI | 103 |
| 15.3.3 SICUREZZA IN CASO DI COLLISIONE | 103 |
| 15.3.4 CARICO DELLA NEVE | 104 |
| 15.3.5 RESISTENZA AL FUOCO | 104 |
| 15.3.6 CADUTA DI FRAMMENTI | 104 |
| 15.3.7 PROTEZIONE ECOLOGICA | 104 |
| 15.3.8 RIFLESSIONE DELLA LUCE | 105 |
| 15.4 PRESCRIZIONI COSTRUTTIVE E FUNZIONALI DEI PANNELLI ANTIRUMORE | 105 |
| Pannelli trasparenti | 108 |
| 15.5 PROVE DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI | 114 |
| 15.6 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE | 117 |
| 15.6.1 PROTEZIONE AMBIENTALE | 117 |
| 15.6.2 CONFORMITÀ DI PRODUZIONE | 117 |
| 15.6.3 RESISTENZA AL FUOCO | 117 |
| 15.6.4 COLORAZIONI | 118 |
| 15.6.5 TENUTA ACUSTICA | 118 |
| 15.6.6 RESISTENZA AGLI AGENTI ATMOSFERICI | 118 |
| 15.6.7 SISTEMI DI FISSAGGIO PER PREVENIRE L'ASPORTAZIONE DEI PANNELLI | 118 |

| | |
|---|------------|
| 15.6.8 SISTEMI ANTIGRAFFITI | 118 |
| 15.6.9 MONTAGGIO | 118 |
| 15.7 PORTE DI SERVIZIO..... | 120 |
| 15.8 PARTICOLARITÀ COSTRUTTIVE DELLA BARRIERA | 120 |
| 15.9 COLLAUDO ACUSTICO DELLA BARRIERA ANTIRUMORE..... | 121 |
| 16 MONTANTI METALLICI ED ELEMENTI STRUTTURALI | 122 |
| 16.1 PRESCRIZIONI E ONERI GENERALI | 122 |
| 16.2 REQUISITI DEL COSTRUTTURE | 122 |
| 16.3 REQUISITI DELL'ENTE DI CONTROLLO DESIGNATO | 123 |
| 16.4 REQUISITI GENERALI | 123 |
| 16.4.1 UTILIZZO DI ACCIAIO COR-TEN | 124 |
| 16.4.1.1 Cort-Ten A | 125 |
| 16.4.1.2 Cort-Ten B | 126 |
| 16.4.1.3 Cort-Ten C | 127 |
| 16.4.1.4 Ulteriori informazioni | 127 |
| 16.5 UNIONI | 129 |
| 16.5.1 UNIONI BULLONATE..... | 129 |
| 16.5.2 NORME DI RIFERIMENTO | 129 |
| 16.5.2.1 Classi dei bulloni | 130 |
| 16.5.2.2 Prescrizioni e controlli | 130 |
| 16.5.3 UNIONI SALDATE..... | 130 |
| 16.5.3.1 Norme di riferimento | 130 |
| 16.5.3.2 Tipi di saldatura | 130 |
| 16.5.3.3 Prescrizioni e controlli | 130 |
| 16.6 SALDATURE | 131 |
| 16.6.1 NORME DI RIFERIMENTO | 131 |
| 16.7 ACCESSORI METALLICI | 131 |
| 16.8 ZINCATURA | 132 |
| 16.8.1 PRESCRIZIONI ED ONERI PARTICOLARI..... | 132 |
| 16.8.2 CONTROLLI QUALITÀ | 132 |
| 16.9 VERNICIATURA..... | 132 |
| 16.9.1 VERNICIATURA A POLVERE | 133 |
| 16.9.1.1 Normative di riferimento | 134 |
| 16.9.2 OPERAZIONI DI RITOCCO | 134 |
| 16.9.3 CARATTERISTICHE DI RESISTENZA (CHIMICO-FISICHE)..... | 134 |
| 16.9.4 PROVE DI ACCETTAZIONE DEI PRODOTTI | 136 |
| 16.9.5 PRESCRIZIONI ED ONERI PARTICOLARI..... | 136 |
| 16.9.6 CONTROLLI QUALITÀ | 137 |
| 16.9.7 CICLO DI VERNICIATURA CON Pittura ignifuga intumescente | 137 |
| 17 RIPRISTINO/ADEGUAMENTO D'ELEMENTI STRUTTURALI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO..... | 138 |

| | |
|---|-----|
| 17.1 MATERIALI PER IL RIPRISTINO DI SUPERFICI DEGRADATE | 138 |
| 17.1.1 GENERALITÀ | 138 |
| 17.1.2 INDAGINI | 138 |
| 17.1.3 DEFINIZIONE DEI MATERIALI PER IL RIPRISTINO | 139 |
| 17.1.4 TECNICHE D'INTERVENTO E SCELTA DEI MATERIALI | 142 |
| 17.1.4.1 Degrado lieve – Ripristini di spessore da 1 a 8 mm | 142 |
| 17.1.4.2 Degrado medio – Ripristini di spessore maggiore di 10 fino a 50 mm | 142 |
| 17.2 REQUISITI E METODI DI PROVA DEI MATERIALI | 145 |
| 17.2.1 SCELTA DEI METODI DI PROVA | 147 |
| 17.3 ACCETTAZIONE E SPECIFICHE PRESTAZIONALI DEI MATERIALI PER INTERVENTI DI RIPRISTINO/ADEGUAMENTO | 149 |
| 17.4 TRATTAMENTI PRIMA DEL RIPRISTINO/ADEGUAMENTO E FASI ESECUTIVE | 155 |
| 17.4.1 ASPORTAZIONE DEL CALCESTRUZZO DEGRADATO | 156 |
| 17.4.2 PULIZIA DELLE ARMATURE | 157 |
| 17.4.3 POSIZIONAMENTO DI ARMATURE AGGIUNTIVE | 157 |
| 17.4.4 POSIZIONAMENTO DELLA RETE ELETTROSALDATA DI CONTRASTO | 157 |
| 17.4.5 PULIZIA E SATURAZIONE DELLA SUPERFICIE DI SUPPORTO | 157 |
| 17.4.6 APPLICAZIONE DEI MATERIALI DI RIPRISTINO | 158 |
| 17.4.7 FRATTAZZATURA O STAGGIATURA | 159 |
| 17.4.8 STAGIONATURA | 159 |
| 17.5 PROVE E CONTROLLI | 159 |
| 17.6 ALLEGATO A - TEST DI INARCAMENTO – IMBARCAMENTO - <i>VERIFICA QUALITATIVA DELLA CAPACITÀ ESPANSIVA</i> | 162 |
| 18 SISTEMI PROTETTIVI PER STRUTTURE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO | 165 |
| 18.1 SISTEMI PROTETTIVI FILMOGENI | 165 |
| 18.1.1 GENERALITÀ | 165 |
| 18.1.2 DEFINIZIONE E SCELTA DEI SISTEMI PROTETTIVI | 165 |
| 18.2 REQUISITI E METODI DI PROVA | 167 |
| 18.3 ACCETTAZIONE E SPECIFICHE PRESTAZIONALI DEI SISTEMI PROTETTIVI | 168 |
| 18.4 PREPARAZIONE DEL SUPPORTO E MODALITÀ D'APPLICAZIONE DEL SISTEMA PROTETTIVO | 169 |
| 18.5 PROVE, CONTROLLO DELLE PRESTAZIONI E DEGLI SPESSORI, PENALI | 170 |
| 18.6 RINFORZO DI ELEMENTI IN C.A. TRAMITE COMPOSITI FIBRORINFORZATI | 171 |
| 18.6.1 NORMATIVE DI RIFERIMENTO | 171 |
| 18.6.2 RINFORZO TRAMITE BARRE IN CFRP | 171 |
| 18.6.2.1 Materiali | 171 |
| 18.6.2.2 Modalità esecutive | 172 |
| 18.6.3 SISTEMA DI RINFORZO STUTTURALE IN PBO | 172 |
| 18.6.3.1 Descrizione del prodotto di rinforzo: | 172 |
| 18.6.3.2 Descrizione della messa in opera | 173 |
| 19 BARRIERE DI SICUREZZA | 174 |
| 19.1 PRESCRIZIONI GENERALI | 174 |

| | |
|--|-----|
| 19.2 DISPOSITIVI DI SICUREZZA PREVISTI IN PROGETTO | 174 |
| 19.2.1 DISPOSITIVI SVILUPPATI DALLA COMMITTENTE | 174 |
| 19.2.2 DISPOSITIVI SVILUPPATI DA ALTRI PRODUTTORI | 175 |
| 19.2.3 DISPOSITIVI COMPLEMENTARI (NON MARCABILI CE) | 175 |
| 19.3 DISPOSITIVI DI RITENUTA EQUIVALENTI..... | 176 |
| 19.3.1 DOCUMENTAZIONE DA PRESENTARE..... | 176 |
| 19.4 CRITERI DI EQUIVALENZA | 177 |
| 19.5 CONFORMITÀ DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA..... | 185 |
| 19.5.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 185 |
| 19.5.2 CARATTERISTICHE TECNICHE DEI DISPOSITIVE E DEI MATERIALI | 188 |
| 19.5.2.1 BARRIERE DI SICUREZZA IN ACCIAIO | 189 |
| 19.5.2.2 BARRIERA DI SICUREZZA IN CALCESTRUZZO | 191 |
| 19.5.3 VERIFICHE E ACCETTAZIONE DELLA FORNITURA | 192 |
| 19.5.3.1 Verifiche alla consegna presso il sito di installazione | 192 |
| 19.5.3.2 Verifiche in fase di installazione | 193 |
| 19.5.3.3 Accettazione dell'intera fornitura | 197 |
| 19.5.4 INSTALLAZIONE DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA | 199 |
| 20 DISPOSITIVI INTEGRATI DI SICUREZZA E RUMORE | 201 |
| 20.1 CRITERI DI EQUIVALENZA | 201 |
| 20.2 VERNICIATURA E ZINCATURA | 201 |
| 21 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE COPERTURA INTEGRATA..... | 203 |
| 21.1 PRESTAZIONI ATTESE | 203 |
| 22 RECINZIONI METALLICHE..... | 204 |
| 22.1 CARATTERISTICHE DELLE OPERE..... | 204 |
| 22.1.1 RECINZIONE LATERALE TIPO R.1.A ALTA 1,22 M CON RETE A MAGLIE ELETTROSALDATE..... | 204 |
| 22.1.2 RECINZIONE LATERALE TIPO R.1.B. ALTA 2,12 M CON RETE A MAGLIE ELETTROSALDATE..... | 204 |
| 22.1.3 RECINZIONE LATERALE TIPO R.1.B. "FAUNISTICA" ALTA M 2,12..... | 205 |
| 22.1.4 RECINZIONE LATERALE TIPO R.2.A. ALTA 1,25 M CON RETE A MAGLIE ANNODATE | 205 |
| 22.1.5 RECINZIONE LATERALE TIPO R.3.A. ALTA 1,25 M CON RETE A MAGLIE ELETTROSALDATE..... | 206 |
| 22.1.6 RECINZIONE LATERALE TIPO R.3.B. ALTA 1,85 M CON RETE A MAGLIE ELETTROSALDATE..... | 207 |
| 22.1.7 RECINZIONE DI PROTEZIONE SULLE OPERE D'ARTE TIPO R.9.A. ALTA 1,98 M | 207 |
| 22.1.8 RECINZIONE ANTISCAVALCAMENTO PER AREE DI SERVIZIO TIPO R.4.B. ALTA 2,40 M | 208 |
| 22.2 QUALITÀ DEI MATERIALI - PROVE..... | 209 |
| 22.2.1 QUALITÀ DEI MATERIALI | 209 |
| 22.2.2 PROVE SUI MATERIALI | 211 |
| 22.2.3 ACCETTAZIONE DEI MATERIALI | 212 |
| 22.2.4 MODALITÀ D'ESECUZIONE | 213 |

| | |
|---|------------|
| 22.2.5 PENALI | 214 |
| 23 - OPERE IN VERDE..... | 216 |
| 23.1 GENERALITÀ | 216 |
| 23.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI | 216 |
| 23.2.1 TERRENO VEGETALE | 216 |
| 23.2.2 CONCIMI MINERALI ED ORGANICI | 217 |
| 23.2.3 PRODOTTI FITOSANITARI | 218 |
| 23.2.4 MATERIALE VIVAISTICO | 219 |
| 23.2.4.1 Alberi | 220 |
| 23.2.4.2 Piante esemplari | 220 |
| 23.2.4.3 Arbusti, tappezzanti, rampicanti | 221 |
| 23.2.4.4 Sementi | 221 |
| 23.2.4.5 Pacciamatura | 221 |
| 23.2.4.6 Torba | 221 |
| 23.2.4.7 Acqua | 222 |
| 23.2.4.8 Pali tutori e legature | 222 |
| 23.3 ESECUZIONE DEI LAVORI | 222 |
| 23.3.1 PRESCRIZIONI GENERALI | 222 |
| 23.3.2 PREPARAZIONE DELLE ZONE DI IMPIANTO | 223 |
| 23.3.2.1 Pulizia generale del terreno | 223 |
| 23.3.2.2 Lavorazione del terreno | 223 |
| 23.3.2.3 Correzione, ammendamento, concimazione di fondo e impiego di fitofarmaci | 224 |
| 23.3.3 TRACCIAMENTI..... | 224 |
| 23.3.4 ESECUZIONE DEGLI IMPIANTI | 224 |
| 23.3.4.1 Trasporto del materiale vivaistico | 224 |
| 23.3.4.2 Preparazione del materiale vivaistico prima della messa a dimora | 225 |
| 23.3.4.3 Messa a dimora del materiale vivaistico | 225 |
| 23.3.5 SEMINE DI PRATI..... | 226 |
| 23.4 MANUTENZIONE DEGLI IMPIANTI E CURE COLTURALI | 227 |
| 23.4.1 SOSTITUZIONE DELLE FALLANZE..... | 228 |
| 23.4.2 RIPRISTINO CONCHE DI IRRIGAZIONE, RINCALZI DELLE PIANTE E RIPRISTINO TUTORAZIONI E ANCORAGGI | 228 |
| 23.4.3 POTATURE E SPOLLONATURE | 228 |
| 23.4.4 SARCHIATURE | 228 |
| 23.4.5 TAGLIO DELLE ERBE NELLE ZONE SEMINATE..... | 229 |
| 23.4.6 RINNOVO PARTI DIFETTOSE PRATI SEMINATI | 229 |
| 23.4.7 CONCIMAZIONI CHIMICHE..... | 229 |
| 23.4.8 TRATTAMENTI ANTICRITTOGAMICI ED INSETTICIDI | 229 |
| 23.4.9 ADACQUAMENTI | 229 |
| 23.4.10 ASSOLCATURE E RIPRISTINO DANNI CAUSATI DA EROSIONE..... | 230 |
| 24 POSA DI CAVI | 231 |
| 24.1 CAVI IN FIBRA OTTICA..... | 231 |

| | |
|---|-----|
| 24.2 CAVI IN RAME | 231 |
| 24.3 CAVI ELETTRICI ILLUMINAZIONE ESTERNA | 231 |
| 24.3.1 CAVI E CONDUTTORI | 232 |
| 24.3.2 POSA E COLLEGAMENTI ELETTRICI DI CAVI E CONDUTTORI | 233 |
| 24.3.3 ESECUZIONE DI PUNTO LUCE | 236 |
| 25 DIFETTI DI COSTRUZIONE | 237 |
| 26 RESTITUZIONE DELLE AREE TEMPORANEAMENTE OCCUPATE | 238 |
| 27 MANUTENZIONE DELLE OPERE FINO AL COLLAUDO | 239 |
| 28 COLLAUDI | 240 |

ALLEGATO 1 - CAPITOLATO PER SPOSTAMENTI DEL CAVO IN RAME A SEGUITO DI OPERE CIVILI DI AMPLIAMENTO E DI MODIFICA DELLA SEDE AUTOSTRADALE - DESCRIZIONE LAVORAZIONI E CARATTERISTICHE TECNICHE

ALLEGATO 2 - PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA REALIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE ESTERNA (CON PREDISPOSIZIONI CIVILI)

ALLEGATO 3 - NORME TECNICHE PER IL RIFACIMENTO ED AMMODERNAMENTO DELLA SEGNALETICA VERTICALE

1 OGGETTO DELLE NORME TECNICHE

Oggetto dell'appalto sono i lavori previsti nel progetto (elaborati grafici, capitolato speciale d'appalto parte I e II), che prevede la realizzazione degli interventi di mitigazione acustica, compresi i dispositivi di sicurezza lungo la rete Autostradale di Autostrade per l'Italia.

2 DOCUMENTI CORRELATI

Le presenti Norme Tecniche devono inoltre essere correlate ai seguenti documenti:

- Legge Quadro in materia di Lavori Pubblici n. 109 dell'11 febbraio 1994 e successive modifiche e integrazioni;
- D.M. 14/01/2008 Norme Tecniche sulle Costruzioni e relativa Circolare esplicativa;

In mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione delle presenti Norme e per quanto con esse non in contrasto, possono essere utilizzati i documenti appresso indicati che costituiscono riferimenti di consolidata validità :

- istruzioni del Consiglio Superiore del LL.PP.: del Ministero delle Infrastrutture;
- Linee Guida del servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture;
- Istruzioni e documenti tecnici del Consiglio nazionale delle Ricerche (C.N.R.);
- Eurocodici Strutturali pubblicati dal CEN;
- Norme EN armonizzate pubblicate dal CEN;
- Norme per prove, materiali e prodotti pubblicate da UNI.

3 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

Tutte le prestazioni, forniture, oneri ed adempimenti previsti dagli altri documenti contrattuali, dalle presenti Norme Tecniche e norme in esso richiamate e/o comunque necessari per la effettuazione dei lavori nel rispetto delle normative vigenti, delle buone regole dell'arte e della sicurezza, sono da intendersi a carico della Ditta appaltatrice a meno di quanto espressamente indicato quale onere della Committente e vanno ad integrare quanto più dettagliatamente specificato in Contratto.

Il presente Capitolato Speciale d'Appalto si applica alle opere metalliche per la mitigazione acustica lungo la rete autostradale di Autostrade per l'Italia; le prescrizioni di seguito indicate rivestono particolare importanza poiché tali opere per la loro conformazione, ubicazione e condizioni di resistenza hanno o possono avere influenza sulla sicurezza e sulla regolarità del traffico autostradale.

L'Appaltatore (Costruttore o Fornitore di materiali o servizi) è tenuto a elaborare un Piano di Controllo della Qualità per tutte le fasi della costruzione o della fornitura e comunque almeno per tutte le parti di questo Capitolato Speciale d'Appalto che attengano alla specifica fornitura.

Tale documentazione potrà essere approvata da Soc .Autostrade o per suo conto dall'Ente di Controllo Designato, che possa dimostrare una consolidata esperienza e competenza nel campo delle opere metalliche.

4 ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE

Con riferimento alla organizzazione gestionale e logistica della Ditta dovrà:

- a) definire la propria organizzazione individuando la figura del Direttore Tecnico di Cantiere prevista dalla legge 19 marzo 1990 n° 55. La funzione dovrà essere affidata a persona in possesso di requisiti professionali, tecnici e giuridici adeguati alle funzioni da espletare. Il nominativo dovrà essere comunicati alla D.L., con congruo anticipo.
- b) Nominare, dandone tempestiva comunicazione alla D.L., il Responsabile della Sicurezza, il Responsabile Amministrativo e il Responsabile della Qualità ai sensi delle normative vigenti e di quelle che potrebbero essere emanate.
- c) Realizzare tutte le eventuali integrazioni alla viabilità delle aree comunque interessate dai lavori (cantieri, cave, discariche, aree di stoccaggio, etc.), in accordo con gli Enti e le Autorità interessate, al fine di garantire la sicurezza e la fruibilità della viabilità esistente da parte di terzi. La realizzazione di tale viabilità integrativa dovrà essere eseguita nel rispetto delle normative vigenti e delle problematiche di impatto ambientale.
- d) Manutenzionare le aree interne al cantiere, compresa l'adeguata bagnatura per abbattimento della polvere durante i periodi di siccità.
- e) Provvedere alla realizzazione di strutture di cantiere (uffici, spogliatoi, servizi, posti di pronto soccorso, etc.) e logistiche adeguate per qualità, quantità, dotazione ed ubicazione, alle esigenze dei lavori ed alle disposizioni vigenti.
- f) Provvedere, in accordo agli standards tipologici e qualitativi che saranno indicati dalla D.L., alla recinzione delle aree di cantiere e di lavoro per evitare l'accesso di persone, animali e mezzi estranei.
- g) Provvedere alla pulizia quotidiana degli ambienti di lavoro o comunque adibiti ad uso del personale. Provvedere altresì alla pulizia, almeno settimanale, delle aree di lavoro.
- h) Costituire un archivio di cantiere contenente tutta la documentazione e le specifiche e norme comunque necessarie per la effettuazione ed il controllo dei lavori.
- i) Provvedere all'immagazzinamento, stoccaggio, manutenzione e custodia dei materiali da incorporare nelle opere.

5 SICUREZZA E SORVEGLIANZA

Ferma restando la responsabilità della Ditta di ottemperare alle disposizioni di legge, vigenti e future, senza che ciò costituisca limitazione o manleva delle sue esclusive responsabilità ed obblighi, la stessa dovrà:

- a) Provvedere alla guardiania delle aree di lavoro e di cantiere.
- b) Fornire tutti i presidi di sicurezza individuali e generali, realizzando tutte le opere provvisorie necessarie a garantire la sicurezza degli uomini (sia il personale addetto ai lavori che i terzi) degli animali e delle cose (sia le opere in costruzione che le esistenti).
- c) Provvedere alla sensibilizzazione ed al necessario addestramento in materia di prevenzione e sicurezza sul lavoro sia nei confronti del personale operaio che di quello direttivo e impiegatizio.
- d) Adottare tutte le misure necessarie (abbattimento polveri, attenuazione rumori, evacuazione gas nocivi, etc.) a garantire l'igiene sul lavoro ed a ridurre i disturbi anche nei riguardi degli insediamenti abitativi e delle installazioni circostanti.

6 OBBLIGHI VARI NELL' ESECUZIONE DEI LAVORI

Nell'espletamento dei lavori di costruzione incluse le attività connesse con l'approvvigionamento o il trasporto dei materiali la Ditta dovrà :

- a) fornire i mezzi d'opera, le attrezzature, il personale esecutivo e direttivo, i materiali da incorporare nelle opere, i materiali di consumo e di apporto, i lubrificanti, i carburanti, l'energia elettrica, l'acqua e quanto altro necessario anche se non menzionato, nella qualità, quantità e tipologia necessarie a realizzare i lavori di cui in oggetto nei tempi previsti;
- b) realizzare tutte le opere provvisionali necessarie, incluse deviazioni e successivi ripristini di strade, pubblici servizi, etc. Gli interventi, per i quali è prevista l'autorizzazione delle Autorità, degli Enti o Amministrazione o comunque del legittimo proprietario, potranno essere effettuati soltanto dopo il rilascio della predetta autorizzazione;
- c) provvedere alla sostituzione di qualsiasi materiale che, in qualsiasi momento, dovesse risultare di qualità non adeguata all'impiego previsto o di tipologia non corrispondente a quanto specificato nei documenti di progetto o in quelli contrattuali;
- d) provvedere all'individuazione delle aree da destinare a discarica dei materiali di qualsiasi altra natura. La scelta di tali aree dovrà essere effettuata in accordo con la D.L. e tenendo conto di tutte le problematiche ambientali che dovessero sorgere. La Ditta dovrà inoltre attenersi alle disposizioni di Legge vigenti relativamente alla natura dei materiali da trasportare a discarica e provvedere alle autorizzazioni laddove necessarie;
- e) provvedere alla ricerca delle cave per l'approvvigionamento dei materiali necessari per i rinterri, inerti per i calcestruzzi, etc.;
- f) Provvedere alla pulizia e manutenzione della viabilità ordinaria percorsa dai mezzi di cantiere al fine di garantire la costante e sicura circolazione di tutti i mezzi.

7 DEMOLIZIONI

Nell'esecuzione dei lavori di demolizione totale e/o parziale, eseguiti per la realizzazione del progetto in questione sono a carico della ditta:

- a) Tutti gli oneri derivanti dalle leggi, nonché dalle norme e regolamenti vigenti relativamente a:
 - Procedure e relative tecniche di demolizione;
 - Sicurezza delle persone addette ai lavori;
 - Sicurezza dei mezzi destinati alla esecuzione dei lavori;
 - Idoneità dei mezzi di protezione e di segnalazione per l'incolumità dei terzi e delle opere circostanti durante e dopo l'esecuzione dei lavori;
 - Misure, mezzi e quanto altro necessario ad assicurare la stabilità delle opere circostanti e di quelle oggetto di demolizione, durante e dopo l'esecuzione dei lavori.
- b) Recupero con ordine (inclusa eventuale pulizia) di tutti i materiali che, previa informazione alla Direzione Lavori, si intende riutilizzare. Tali materiali devono essere trasportati e stoccati in apposite aree di cantiere con le modalità concordate con la Direzione Lavori;
- c) Carico, trasporto e scarico alle discariche autorizzate all'esterno della proprietà, del materiale di rifiuto, nonché pulizia delle aree sulle quali vengono eseguite le opere di demolizione. La Ditta è tenuta all'impiego di mezzi idonei per il trasporto dei materiali provenienti dalle demolizioni;
- d) Protezione delle installazioni sottostanti e ricostruzione delle opere eventualmente danneggiate durante i lavori di demolizione, nello stato in cui si trovavano prima dei lavori stessi, secondo quanto concordato con la D.L.;
- e) Protezione e conservazione dei manufatti circostanti durante i lavori di demolizione ed eventuale ricostruzione come al punto precedente.
- f) Realizzazione di opere provvisionali e/o modalità operative finalizzate ad evitare la formazione e lo spandimento della polvere;
- g) Recinzione provvisoria e apposizione di segnaletica diurna e notturna, nei luoghi soggetti alle demolizioni;
- h) Eventuale richiesta di tutte le necessarie autorizzazioni a procedere da parte delle competenti Autorità Locali;
- i) Puntellature, ponti di servizio, ripari dalla polvere, convogliatori a terra (è vietato il getto dall'alto dei materiali di risulta);
- j) Interruzione e ripristino di servizi elettrici e telefonici, reti di distribuzione acqua, gas, reti e canalette di drenaggio e raccolta, etc.;
- k) Tagli eventuali con fiamma ossidrica o con attrezzature elettromeccaniche e/o manuali.

7.1 DEMOLIZIONE DI MURATURE

Le demolizioni di murature di qualsiasi genere (armate e non, in precompresso), 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, 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, ad 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 e/o strade 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 e/o Enti Locali competenti, 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 impalcato di opere d'arte o di impalcato 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 verranno 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.

7.2 DEMOLIZIONE DI SOVRASTRUTTURA STRADALE

7.2.1 DEMOLIZIONE PARZIALE DI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO REALIZZATO CON FRESE

La demolizione parziale della sovrastruttura legata a bitume deve essere effettuata con idonee attrezature munite di frese a tamburo funzionanti a freddo, munite di nastro caricatori 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 attrezature 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 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.

7.2.2 DEMOLIZIONE DELL'INTERA SOVRASTRUTTURA REALIZZATA CON SISTEMI TRADIZIONALI

La demolizione dell'intera sovrastruttura può 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.

7.3 RIMOZIONI

Per rimozione si intende:

- lo smontaggio della rete di recinzione, costituita essenzialmente da: rete metallica, montanti (caposaldo, intermedi, saette, ecc.), fili di ferro e corda spinosa; prevede le seguenti operazioni: l'eventuale taglio della vegetazione e piante di alto fusto per una striscia di 1,00 m di larghezza; lo smontaggio della rete, delle saette, dei tiranti e degli accessori; il taglio alla base dei montanti o la demolizione in situ e/o asportazione delle relative fondazioni; il ripristino del preesistente piano campagna.

Qualora la zona di rimozione delle recinzioni non sia protetta diversamente, alla rimozione dovrà seguire prontamente il montaggio della nuova recinzione in modo da non lasciare varchi aperti ed eventuali accessi indesiderati (animali, ecc.) in autostrada.

- lo smontaggio dei sicurvia, di qualunque tipo, a semplice o doppio nastro, prevede le seguenti operazioni: lo smontaggio dei nastri di barriera, e di eventuali correnti di base e di sommità; la rimozione dei montanti infissi in terra, in pavimentazione o ancorati nel calcestruzzo; le banchine in terra e le cunette in calcestruzzo, la pavimentazione o i cordoli in calcestruzzo, sede dei montanti estratti, dovranno essere perfettamente ripristinate ed ogni detrito o materiale di scarto trasportato a rifiuto a cura e spese dell'Impresa.

Qualora la zona di rimozione debba essere aperta al traffico, alla rimozione dovrà seguire prontamente il montaggio delle nuove barriere in modo da non lasciare tratti di autostrada senza protezione.

- la rimozione di cancelli, di qualsiasi forma e dimensione, mediante il taglio alla base dei montanti o mediante demolizione in situ e/o asportazione delle relative fondazioni;
- la rimozione di cartelli per segnali, di qualsiasi forma e dimensione, installati su qualsiasi tipo di sostegno, compreso: la rimozione degli attacchi, delle staffe, dei bulloni, delle traverse d'irrigidimento in ferro; la rimozione dei sostegni per cartelli segnaletici; la demolizione dei basamenti in calcestruzzo ed il ripristino, con terreno vegetale, del piano campagna.

Nelle rimozioni e/o smontaggi sopra elencati sono compresi gli oneri per: la cernita dei materiali; il carico, il trasporto, lo scarico ed accatastamento del materiale di recupero, ritenuto riutilizzabile dalla D. L., che resta di proprietà della Società, nei depositi indicati e, il trasporto dei materiali di risulta, o non riutilizzabili, fuori delle pertinenze autostradali.

8 MOVIMENTI DI TERRA

I movimenti di terra comprendono le seguenti categorie di lavoro:

- Diserbamento e scoticamento;
- Scavi;
- Rinterri;
- Rilevati.

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

8.1 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

8.1.1 *Diserbamento e scoticamento*

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

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

Nella esecuzione dei lavori la ditta dovrà attenersi a quanto segue:

- a) Il diserbamento e lo scoticamento del terreno dovranno sempre essere eseguiti prima di effettuare qualsiasi lavoro di scavo o rilevato.
- b) Tutto il materiale vegetale, inclusi ceppi e radici, dovrà essere completamente rimosso alterando il meno possibile la consistenza originaria del terreno.
- c) Il materiale scavato dovrà essere trasportato a discarica.

8.1.2 *Scavi*

Gli scavi potranno essere eseguiti a mano e/o con mezzi meccanici.

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

- a) Segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi, per eventuale ispezione da parte della Direzione Lavori, prima di procedere a fasi di lavoro successive o ricoprimenti. Nel caso in cui questa prassi non venisse rispettata la D.L. potrà richiedere alla Ditta di rimettere a nudo le parti occultate senza che questi abbia diritto al riconoscimento di alcun maggior onere.
- b) Provvedere alla demolizione e/o rimozione dei trovanti di qualsiasi natura e dimensione provvedendo altresì alla frantumazione dei materiali non trasportabili e/o non riutilizzabili.
- c) 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.
- d) Provvedere al carico, trasporto e scarico del materiale proveniente dagli scavi che la Ditta riutilizzerà, purché idoneo. E' inteso incluso anche l'eventuale onere per il reperimento di idonee aree di stoccaggio, il deposito ordinato e la ripresa dei materiali.
- e) Recintare e apporre sistemi di segnaletica diurna e notturna alle aree di scavo.

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

8.1.3 Rinterri

Per rinterri si intendono:

- il riempimento di scavi relativi a fondazioni, pozzetti, etc. eseguito in presenza di manufatti;
- la sistemazione superficiale eseguita con o senza apporto di materiale.

Nella effettuazione dei rinterri la Ditta dovrà attenersi alle seguenti prescrizioni ed oneri:

- a) Il rinterro degli scavi relativi a fondazioni e manufatti in calcestruzzo dovrà essere effettuato con materiale idoneo opportunamente compattato;
- b) 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);
- c) La sistemazione delle aree superficiali dovrà essere effettuata con materiali idonei sia provenienti dagli scavi che di fornitura della Ditta, e dovrà essere effettuata con spandimento a strati procedendo alla regolarizzazione delle pendenze secondo le indicazioni del progetto.

8.2 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

- a) Il committente, fatti salvi i diritti che spetteranno allo Stato a termini di Legge, si riserva la proprietà degli oggetti di valore e di quelli che interessano la scienza, la storia, l'arte o l'archeologia, compresi i relativi frammenti che si rinvengano.
- b) Sarà cura della Ditta provvedere all'individuazione delle aree da destinare a discarica dei materiali provenienti dagli scavi. La scelta di tali aree dovrà essere effettuata in accordo con la D.L. e tenendo conto di tutte le problematiche ambientali che dovessero sorgere.
- c) Sarà cura della Ditta provvedere alla ricerca delle cave per l'approvvigionamento dei materiali necessari per i rinterri, inerti per i calcestruzzi, etc.
- d) Fermo restando quanto prescritto al punto precedente, sarà cura ed onore della Ditta, prima dell'inizio dei lavori, esperire una campagna di indagini allo scopo di fornire alla D.L. una esauriente documentazione sia per quanto attiene le caratteristiche fisico-mecaniche dei materiali che per quanto concerne la disponibilità in funzione delle esigenze quantitative e temporali derivanti dal programma di esecuzione dei lavori. Quanto sopra si intende valido anche per i materiali provenienti dagli scavi, che la Ditta ritenesse conveniente utilizzare.
- e) La provenienza ed il tipo di materiale da utilizzare dovranno essere preventivamente comunicati alla D.L..
- f) Sarà cura della Ditta provvedere all'aerazione ed alla fornitura dell'acqua necessaria per ottenere l'umidificazione ottimale, ai fini della compattazione, dei materiali utilizzati per i rinterri.
- g) In presenza di paramenti flessibili e murature laterali la compattazione a ridosso delle opere dovrà essere tale da escludere una riduzione nell'addensamento e nel contempo il danneggiamento

delle opere stesse. A ridosso dei manufatti la Ditta dovrà usare mezzi di compattazione leggeri quali piastre vibranti, rulli azionati a mano, provvedendo a garantire i requisiti di deformabilità e densità richiesti anche operando su strati di spessore ridotto. Nella formazione di tratti di rilevato rimasti in sospeso per la presenza di tombini, canali, cavi etc. si dovrà garantire la continuità con la parte realizzata impiegando materiali e livelli di compattazione identici.

- h) Sarà cura della Ditta provvedere al controllo e al contenimento di acque di falda e superficiali, provvedendo alla costruzione delle opere di drenaggio definitive ed alla realizzazione di tutte le opere provvisionali (well-point, palancolate, deviazioni, aggrottamenti, etc.) atte a garantire la qualità del lavoro da eseguire ed a garantire altresì il regolare deflusso delle acque.
- i) Sarà cura della Ditta, provvedere alla fornitura ed al trasporto dei materiali provenienti da cave di prestito, così come di quelli provenienti dagli scavi.
- j) Sarà onere della Ditta provvedere alla profilatura delle scarpate, delle banchine e dei cigli ed alla costruzione degli arginelli se previsti.
- k) Sarà onere della Ditta portare a discarica tutto il materiale di risulta (non idoneo al riutilizzo o comunque esuberante) proveniente dagli scavi o da scarti di vagliatura del materiale accantonato per il riutilizzo.
- l) Sarà cura della Ditta, durante tutte le fasi di lavorazione, provvedere alla protezione e conservazione dei manufatti esistenti ed all'eventuale ricostruzione, in caso di danneggiamento o temporanea rimozione, nello stato in cui si trovavamo prima della effettuazione dei lavori.
- m) Sarà cura della Ditta provvedere alla pulizia, manutenzione e ripristino del manto stradale, sia relativamente alle strade di cantiere che alla viabilità esterna, in modo da preservare l'integrità delle superfici stradali percorse dai mezzi d'opera e di garantire costantemente la percettibilità delle strade anche in relazione agli aspetti concernenti la sicurezza. La Ditta dovrà in ogni caso riportare lo stato dei luoghi allo stato ante operam.
- n) La Ditta dovrà adottare, a sua cura e spesa, tutti i provvedimenti che saranno ritenuti opportuni dalla D.L., non solo per conservare il transito dei veicoli e dei pedoni ma anche per ottenere che detto transito si svolga in sicurezza e, per quanto possibile in maniera comoda. Solo in casi eccezionali e ad esclusivo giudizio della D.L. potrà concedersi di precludere o limitare temporaneamente il transito; in tal caso spetteranno alla Ditta tutte le pratiche ed istanze presso i competenti Enti per i permessi ed ordinanze di interruzione delle strade pubbliche.

Resta in ogni modo stabilito che:

1. Gli scavi di qualunque profondità dovranno contornarsi da resistenti sbarre di difesa dell'altezza che verrà prescritta, per la sicurezza dei pedoni e dei veicoli. Detta difesa dovrà essere resa ben visibile sia di giorno che di notte con apposite segnalazioni, non dovrà presentare sporgenze pericolose, dovrà fornire una sicura difesa e infine dovrà essere esteticamente decorosa.
2. Il materiale di scavo che a giudizio della D.L. potrà temporaneamente essere lasciato sulla strada, dovrà essere depositato in cumuli regolari a conveniente distanza dal ciglio dello scavo, ma in modo da togliere alla viabilità il minimo spazio possibile ed adottando i provvedimenti necessari a rendere sicuro il transito dei pedoni e dei veicoli.

8.3 CONTROLLI

Prima che venga messo in opera lo strato successivo, ogni strato di rinterro così come il fondo dello scavo ed il piano campagna, dovrà essere sottoposto alle prove di controllo e possedere i requisiti di costipamento richiesti.

9 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

9.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le presenti prescrizioni si intendono integrative delle Norme Tecniche emanate in applicazione all'art. 21 della legge n.1086 del 05/11/1971 e delle norme di legge vigenti in merito a leganti, inerti, acqua di impasto ed additivi.

9.2 CLASSIFICAZIONE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI

Nella tabella vengono definiti i tipi di conglomerato cementizio ed i loro campi di impiego.

Le prescrizioni relative alla classe del conglomerato cementizio (resistenza caratteristica cubica a 28 giorni di stagionatura espressa in MPa sono quelle minime; per la loro esatta valutazione si rinvia a quelle indicate nelle prescrizioni tecniche relative alla progettazione di ogni singola opera. La lavorabilità (valutata attraverso il valore di slump) ed il tipo di cemento, vengono prescritti per i conglomerati cementizi gettati in opera.

Il contenuto minimo di cemento prescritto nella tabella seguente vale per conglomerati cementizi non esposti ad attacco da parte di agenti esterni.

Il contenuto massimo di cemento di norma deve essere inferiore od uguale a 450 Kg/mc; deroghe potranno essere concordate con la D.L. in sede di qualificazione del conglomerato cementizio con preventivo controllo degli effetti connessi con alti dosaggi di cemento (ritiro, creep, etc.).

Allegato 20.1 - TIPI DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO

(Nel rispetto delle UNI-EN 206-1 UNI e UNI 11104)

Si riportano le Classi di esposizione per calcestruzzo strutturale, in funzione delle condizioni ambientali secondo norma UNI 11104:2004 e UNI EN 206-1:2006

| Classe esposizione norma UNI 9858 | Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206-1 | Descrizione dell'ambiente | Esempio | Massimo rapporto a/c | Minima Classe di resistenza | Contenuto minimo in aria (%) |
|--|---|---|--|----------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1 Assenza di rischio di corrosione o attacco | | | | | | |
| 1 | X0 | Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: in ambiente molto asciutto. | Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico. | - | C 12/15 | |
| 2 Corrosione indotta da carbonatazione Nota -Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente. | | | | | | |
| 2 a | XC1 | Asciutto o permanentemente bagnato. | Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua. | 0,60 | C 25/30 | |
| 2 a | XC2 | Bagnato, raramente asciutto. | Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo. | 0,60 | C 25/30 | |
| 5 a | XC3 | Umidità moderata. | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta. | 0,55 | C 28/35 | |
| 4 a 5 b | XC4 | Ciclicamente asciutto e bagnato. | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superficie a contatto con l'acqua non comprese nella classe XC2. | 0,50 | C 32/40 | |
| 3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare | | | | | | |
| 5 a | XD1 | Umidità moderata. | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri. | 0,55 | C 28/35 | |
| 4 a 5 b | XD2 | Bagnato, raramente asciutto. | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua anche industriale contenente cloruri (Piscine). | 0,50 | C 32/40 | |
| 5 c | XD3 | Ciclicamente bagnato e asciutto. | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto. | 0,45 | C 35/45 | |

| Classe esposizione norma UNI 9858 | Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206 -1 | Descrizione dell'ambiente | Esempio | Massimo rapporto a/c | Minima Classe di resistenza | Contenuto minimo in aria (%) |
|---|--|--|---|----------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare | | | | | | |
| 4 a 5 b | XS1 | Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare . | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità. | 0,50 | C 32/40 | |
| | XS2 | Permanente sommerso. | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immersi in acqua. | 0,45 | C 35/45 | |
| | XS3 | Zone esposte agli spruzzi o alle marea. | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare. | 0,45 | C 35/45 | |
| 5 Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza disgelanti * | | | | | | |
| 2 b | XF1 | Moderata saturazione d'acqua,in assenza di agente disgelante. | Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua. | 0,50 | C 32/40 | |
| 3 | XF2 | Moderata saturazione d'acqua, in presenza di agente disgelante. | Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti. | 0,50 | C 25/30 | 3,0 |
| 2 b | XF3 | Elevata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante | Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo. | 0,50 | C 25/30 | 3,0 |
| 3 | XF4 | Elevata saturazione d'acqua, con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare. | Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto o indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare. | 0,45 | C 28/35 | 3,0 |
| 6 Attacco chimico** | | | | | | |
| 5 a | XA1 | Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1 | Containitori di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche per acque reflue. | 0,55 | C 28/35 | |
| 4 a 5 b | XA2 | Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1 | Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi. | 0,50 | C 32/40 | |
| 5 c | XA3 | Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1 | Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive. Contenitori di foraggi, mangimi e liquame provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi di gas di scarico industriali. | 0,45 | C 35/45 | |

*) Il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione: - moderato: occasionalmente gelato in condizione di saturazione; -elevato: alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione. **) Da parte di acque del terreno e acque fluenti.

9.3 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

9.3.1 *Caratteristiche dei materiali*

a) *Cemento*

Si farà esclusivamente uso dei leganti idraulici previsti dalla Legge 26-5-1965 n. 595 e norme armonizzate della serie EN 197 dotati di Attestato di Conformità CE.

La scelta dei tipi di cemento da utilizzare per i diversi tipi di calcestruzzo verrà effettuata in sede di Progetto, tenendo presenti, oltre a quanto previsto nella Tabella precedente i requisiti di:

- compatibilità chimica con l'ambiente di esercizio previsto;
- calore di idratazione, per getti il cui spessore minimo sia maggiore di 50 cm.

Qualora opportuno potranno essere utilizzati cementi speciali, quali: cementi rispondenti alla UNI EN 197-1 e qualificati resistenti ai solfati (secondo UNI 9156), o resistenti al dilavamento (secondo UNI 9606), oppure a basso calore di idratazione contraddistinti dalla sigla LH conformemente alla UNI EN 197-1

Il cemento dovrà provenire da cementifici in grado di garantire la continuità di fornitura e la costanza del tipo.

Il cementificio dovrà garantire la composizione per i costituenti del clinker specificando il metodo di misura adottato per la determinazione.

I requisiti chimici e fisici del cemento e le resistenze meccaniche dovranno essere controllati dalla Ditta alla qualificazione ed in corso d'opera.

Copia di tutti i certificati di prova dovrà essere consegnata alla D.L..

b) *Inerti*

Saranno impiegati esclusivamente aggregati muniti di Attestato di conformità CE, per i quali il produttore attui un controllo di produzione in fabbrica certificato da un Organismo notificato e dotati di marcatura CE. Dovranno essere costituiti da elementi resistenti e poco porosi, non gelivi privi di quantità eccedenti i limiti ammessi di parti friabili, polverulente, scistose, piatte o allungate, conchiglie, cloruri, solfati solubili, argilla e sostanze organiche; non dovranno contenere i minerali pericolosi: pirite, marcasite, pirrotina, gesso e quantità nocive di materiali reattivi agli alcali.

Per ciascuna delle cave di provenienza dei materiali dovrà essere accertata, mediante esame mineralogico (UNI EN 932-3) presso un Laboratorio Ufficiale, l'assenza dei minerali indesiderati suddetti e di forme di silice reattiva verso gli alcali contenuti nel calcestruzzo (in particolare: opale, calcedonio, tridimite, cristobalite, quarzo ad estinzione ondulata, selce, vetri vulcanici, ossidiane).

Tale esame verrà ripetuto con la frequenza indicata nella Tab.20A e comunque almeno una volta all'anno. Qualora si riscontri la presenza di forme di silice reattiva, il Progettista dovrà valutare ed attuare il livello di prevenzione appropriato, in base alla classe di esposizione e alla categoria delle opere, con riferimento alla UNI 8981-2 (2007). Nella Tab 20A sono riepilogati i principali requisiti degli aggregati e le prove cui devono essere sottoposti, con l'indicazione delle norme di riferimento, delle tolleranze di accettabilità e della frequenza.

Tabella 20 A - Caratteristiche degli Aggregati

| CARATTERISTICHE | PROVE | NORME | LIMITI DI ACCETTABILITÀ |
|---|--|-----------------------------------|---|
| Gelività degli aggregati | Gelività | UNI EN 1367-1 | perdita di massa <4% dopo 10 cicli (Categoria F4 UNI EN 12620). Cat. F2 per Classe di Esposizione XF1 e XF2; Cat. F1 per C.E. XF3 e XF4 |
| Assorbimento dell'aggregato grosso per classi di esposizione XF | Assorbimento | UNI EN 1097-7 | < 1% |
| Resistenza alla abrasione | Los Angeles | CNR 34 e UNI EN 1097-2 | Perdita di massa L.A. 30% Cat. LA ₃₀ Per Classi di resistenza C60 o superiori si impiegherà la categoria L.A. ₂₀ |
| Compattezza degli aggregati | Degradabilità al solfato di magnesio | UNI EN 1367-2 | perdita di massa dopo 5 cicli \leq 10% |
| Presenza di gesso e solfati solubili | Analisi chimica degli aggregati | UNI EN 1744-1 | SO ₃ \leq 0,1% |
| Contenuto di polveri | Aggr. grosso non frantumato o frantumato da depositi alluvionali | Passante a 0,063 mm, UNI EN 933-2 | $\leq f_{1,5}$ |
| | Aggr. grosso frantumato da roccia | | $\leq f_{4,0}$ |
| | Sabbia non frantumata | | $\leq f_{3,0}$ |
| | Sabbia frantumata | | $\leq f_{10}$ |
| Equivalente in sabbia e valore di blu | | UNI EN 933-8-9 | ES \geq 80 MB \leq 1 g/kg di sabbia |
| Presenza di pirite, marcasite, pirrotina | Analisi petrografica | UNI EN 932-3 | assenti |
| Presenza di sostanze organiche | Determinazione colorimetrica | UNI EN 1744-1 | Per aggregato fine: colore della soluzione più chiaro dello standard di riferimento |
| Presenza di forme di silice reattiva, incluso quarzo ad estinzione ondulata | – prova accelerata su provini di malta | UNI 8520-22 | Espansione < 0,1% |
| | – metodo del prisma di malta (se è superato il limite per la prova accelerata) | | Espansione < 0,05% a 3 mesi oppure < 0,1% a 6 mesi |
| Presenza di cloruri solubili | Analisi chimica | UNI EN 1744-1 | Cl ⁻ < 0,1 % rispetto al peso di cemento per c.a.p. e < 0,2 % per c.a. normale |
| Coefficiente di forma e di appiattimento | Determinazione dei coefficienti di forma SI e di appiattimento FI | UNI EN 933-3 | FI e SI \geq 0,15 (Dmax=32 mm) |
| | | UNI EN 933-4 | FI e SI \geq 0,12 (Dmax=64 mm) |
| Dimensioni per il filler | Passante ai vagli | EN 933-10 | Vaglio 2mm= 100 0,125 mm 85-100 0,063 m 75-100 |
| Frequenza delle prove | La frequenza sarà definita dalla Direzione Lavori. Dovranno comunque essere eseguite prove: in sede di prequalifica, per ogni cambiamento di cava o materiali nel corpo di cava; ogni 8.000 m ³ di aggregati impiegati. | | |

Si dovranno, altresì, adottare particolari cautele nell'utilizzare inerti esposti a rischio di reagire chimicamente con gli alcali contenuti nel cemento.

Si dovrà dare tempestiva comunicazione alla D.L. in merito agli accorgimenti necessari ad escludere tali fenomeni.

Sia le sabbie che gli inerti grossi dovranno avere una massa volumica reale non inferiore a 2,6 gr/cm³.

Tutte le caratteristiche degli inerti, di cui alla citata norma UNI 8520/86 parte 2a, dovranno essere verificate con le frequenze indicate dalla D.L.

È consentito l'impiego di aggregato di recupero dall'acqua di lavaggio in misura non superiore al 5% dell'aggregato totale.

La curva granulometrica delle miscele di aggregato per conglomerato cementizio dovrà essere tale da ottenere la minima richiesta d'acqua 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.).

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

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

La curva granulometrica dovrà risultare costantemente compresa nel fuso granulometrico dichiarato dal produttore (con tolleranza di ± 10% rispetto alla curva di riferimento) ed approvato dalla Direzione dei Lavori e dovrà essere verificata ogni 1000 m³ di aggregati impiegati.

Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla granulometria della sabbia e al suo contenuto di fini allo scopo di ridurre al minimo il fenomeno dell'essudazione (bleeding) nel conglomerato cementizio.

All'impianto di betonaggio dovranno essere impiegate almeno tre dimensioni dell'aggregato delle categorie Gc85/20 per Dmax fino a 11,2 mm, Gc90/15 per Dmax maggiore di 11,2 mm e Gf85 per le sabbie (UNI EN 12620).

Rispetto alla dimensione massima dichiarata (D_{max}) dell'aggregato combinato, deve essere presente una sovraclasse da 2 a 5%.

La dimensione massima (D_{max}) dell'aggregato deve essere tale da permettere che il conglomerato possa riempire ogni parte del manufatto; dovrà pertanto risultare:

- minore di 1/5 della 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 (in tal caso dovrà risultare non maggiore del copriferro).

Per calcestruzzo pompatò il modulo di finezza della sabbia dovrà essere compreso tra 2.4 e 3.0, la percentuale di passante al vaglio da 0.25 mm dovrà essere compresa tra il 10 e il 20% in peso, la percentuale di passante allo 0.125 dovrà essere compresa tra il 5 e il 10% in peso;

c) Acqua di impasto

Proverrà da fonti ben definite che diano acqua di caratteristiche costanti. Sono ammesse come acqua di impasto per i conglomerati cementizi:

- l'acqua potabile;
- acqua proveniente da depuratori delle acque di aggrottamento di cantiere;
- l'acqua di riciclo degli impianti di betonaggio;

qualora rispondenti ai requisiti indicati nella UNI EN 1008.

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. 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 per ciascuna miscela qualificata in relazione al tipo di conglomerato cementizio, tenendo conto delle condizioni di umidità e dell'assorbimento negli aggregati.

Le caratteristiche dell'acqua d'impasto dovranno essere verificate con le frequenze e le modalità indicate dalla D.L..

d) Acciaio d'armatura

Gli acciai d'armatura ordinari dovranno essere in accordo alla legge 1086/71 e al D.M. del 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni". Gli acciai d'armatura ordinaria dovranno essere di tipo B450C.

e) Additivi e disarmanti

Gli additivi dovranno rispondere alle Norme UNI EN 934-2, UNI 10765.

L'Appaltatore dovrà impiegare esclusivamente additivi muniti di Attestato di conformità CE, per i quali il produttore attui un controllo di produzione in fabbrica certificato da un Organismo notificato e dotati di marcatura CE, secondo Le informazioni riportate nella certificazione di marcatura CE dovranno essere quelle pertinenti essenziali, tra quelle incluse nell'appendice ZA della UNI EN 934-2. I produttori dovranno operare con un sistema di gestione della qualità certificato secondo UNI 9001.

Nel caso di uso contemporaneo di più additivi (esclusivamente dello stesso produttore) l'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione Lavori la documentazione della loro compatibilità.

Ad ogni carico di additivo giunto in cantiere, l'Appaltatore dovrà consegnare alla Direzione Lavori, copia fotostatica del documento di trasporto e l'Attestato di Conformità CE.

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 o nell'autobetoniera contemporaneamente all'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.

f) Additivi fluidificanti e superfluidificanti

Allo scopo di realizzare conglomerati cementizi impermeabili e durevoli a basso rapporto a/c ed elevata lavorabilità (vedi tab. 20H) si farà costantemente uso di additivi riduttori d'acqua fluidificanti e superfluidificanti approvati dalla Direzione Lavori.

A seconda delle condizioni ambientali e dei tempi di trasporto e lavorazione, potranno essere impiegati anche additivi multifunzionali ad azione fluidificante-aerante, fluidificante-ritardante e fluidificante-accelerante. Non dovranno essere impiegati additivi contenenti cloruro in misura maggiore dello 0,10% in massa.

Il loro dosaggio dovrà essere definito in fase di qualifica dei conglomerati cementizi sulla base delle indicazioni riportate nella documentazione tecnica del fornitore.

La scelta degli additivi fluidificanti dovrà essere basata, tenendo conto della stagione d'impiego:

- sull'effettività capacità di riduzione d'acqua a consistenza S4-S5 per confronto con calcestruzzo privo di additivo . Tale capacità dovrà essere verificata con prove di laboratorio eseguite impiegando aggregati asciutti di cui sia noto l'assorbimento, ad una temperatura ambiente simile a quella prevedibile della stagione di impiego per ciascuna miscela,
- sul mantenimento della lavorabilità che deve essere appropriato alle lavorazioni ed alle stagioni previste, assicurando una perdita di slump non superiore a 20-40 mm tra la centrale di betonaggio e il punto di getto, anche per tempi fino a 90 minuti.

Per ottimizzare i risultati si dovrà usare un additivo superfluidificante a rilascio progressivo a base carbossilato etere, avente le seguenti caratteristiche con un dosaggio di 1.0-1.4 l/100 kg di cemento:

- riduzione d'acqua non minore del 20 %,
- mantenimento della consistenza S4 per almeno 60 minuti,

g) Additivi aeranti

Per conglomerati cementizi soggetti durante l'esercizio a cicli di gelo-disgelo, si farà costantemente uso degli additivi aeranti normalizzati nella UNI EN 934-2.

Ricadono in questa prescrizione:

- tutte le cunette, i muretti, i pulvini, le solette esposte anche solo parzialmente alla pioggia;
- tutti gli elementi strutturali situati a quote maggiori di 400 m slm, esclusi i precompressi; al di sotto di detta quota il progettista avrà stabilito se utilizzare calcestruzzi aerati in funzione delle condizioni climatiche prevalenti e dell'impiego di sale nelle operazioni invernali;

La percentuale di aria aggiunta varierà secondo quanto riportato nella Tabella 20 A 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 EN 12350-7.

Tabella 20 A- Dosaggio richiesto di aria aggiunta

| Dmax Aggregati (mm) | % aria aggiunta | |
|------------------------|-----------------|---------|
| | Minimo | Massimo |
| 10,0 | 4,5 | 8,5 |
| 12,5 | 4,0 | 8 |
| 20,0 | 3,5 | 7,5 |
| 25,0 | 3,0 | 7 |
| 40,0 | 2,5 | 6,5 |
| 50,0 | 2,0 | 5 |
| 75,0 | 1,5 | 3 |

L'Appaltatore 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 aggiunta al di sotto dei limiti della tabella. A tale scopo per la qualifica delle miscele aerate si dovrà procedere alla misura della differenza del contenuto d'aria del calcestruzzo fresco alla centrale di betonaggio e del calcestruzzo fresco dopo il trasporto, la posa in opera e la compattazione nel manufatto.

Il contenuto d'aria aggiunta nel conglomerato cementizio indurito potrà essere verificato con il procedimento descritto nella UNI EN 480-11. Qualora si riscontri una carenza d'aria rispetto ai quantitativi minimi prescritti, si opererà un deprezzamento del 10% del conglomerato per ogni per cento di aria in meno, fino al 30 %.

Per gli elementi strutturali precompressi non si userà calcestruzzo aerato. Se si prevede l'esposizione a cicli gelo-disgelo, il calcestruzzo deve essere resistente al gelo e la verifica deve effettuarsi con un metodo di prova adatto per un calcestruzzo aerato (UNI 7087). In climi severi e dove si faccia uso di sale, per tali elementi si ricorrerà alla protezione superficiale mediante sistemi protettivi pellicolari.

Sui pulvini di opere situate in località in cui si prevedano le operazioni invernali, dovranno sempre essere applicati sistemi protettivi pellicolari.

h) 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 di presa o di indurimento aumentano la velocità delle reazioni tra il legante e l'acqua e conseguentemente la perdita di lavorabilità e lo sviluppo delle resistenze dei conglomerati cementizi senza pregiudicare la resistenza finale degli impasti.

Preferibilmente verranno impiegati additivi multifunzionali ad azione fluidificante-ritardante o fluidificante-accelerante.

I tipi ed i dosaggi impiegati rispondenti alla normativa UNI EN 934-2, o UNI EN 10765 dovranno essere preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

i) Aggiunte

È ammesso l'impiego di aggiunte sia idrauliche che inerti in conformità alla UNI EN 206-1.

j) Ceneri volanti

Le ceneri volanti, dovranno provenire da centrali termoelettriche in grado di fornire un prodotto di qualità costante nel tempo e documentabile, che dovrà essere costantemente controllata.

Le caratteristiche delle ceneri volanti devono essere conformi alla UNI EN 450-1 e in particolare ai requisiti riportati nella Tabella 20 B.

Tabella 20 B.Caratteristiche delle ceneri volanti

| Caratteristica | U.M. | Limiti di accettazione | Tolleranze | Frequenza prove |
|---|------------------|------------------------|------------|------------------------|
| Perdita al fuoco (p.p.c.) (1 ora) UNI ENV 196/2 | % | ≤ 5,0 | + 2,0 | - Ciascuna fornitura |
| Cl (cloruri) - UNI EN 196/21 | % | ≤ 0,1 | + 0,01 | - trimestrale o 1000 t |
| SO ₃ (anidride solforica) – UNI ENV 196/2 | % | ≤ 3,0 | + 0,5 | - trimestrale o 1000 t |
| Ossido di calcio libero – UNI EN 451/1 | % | ≤ 1,0 | + 0,1 | - mensile |
| Stabilità volumetrica (se l'ossido di calcio libero è compreso tra 1 e 2,5%) Prova le Chatelier UNI ENV 196-3 | mm | ≤ 10 | + 1,0 | - mensile o 200 t |
| Contenuto totale di alcali EN 196-21 come sodio equivalente | % | < 4 | + 1 | - mensile |
| Ossido di magnesio secondo EN 196-2 | % | <3 | +1 | - mensile |
| Fosfato solubile (P ₂ O ₅) | mg/kg | <100 | | - mensile |
| Trattenuto al vaglio da 45 micron UNI EN 451/2 | % | ≤ 40 | + 10 | - mensile |
| Massa Volumica Reale UNI ENV 196/6 | t/m ³ | val. medio dichiarato | ± 150 | - trimestrale o 1000 t |
| Indice di attività pozzolanica a 28 gg. Indice di attività pozzolanica a 90 gg. (UNI EN 196/1 – cemento di rif. CEM I) | % | ≥ 75 ≥ 85 | - 5 - 5 | - mensile o 500 t |

Se si utilizzano cementi di tipo I 42.5 e II A/L 42.5, la quantità di ceneri potrà essere elevata fino al 33% del peso del cemento e potrà essere computata nel dosaggio del cemento e del rapporto A/C sostituendo al termine: "rapporto acqua/cemento" il termine " rapporto acqua/(cemento + k x cenere)" e al termine "dosaggio minimo di cemento" il termine: "dosaggio minimo di cemento + k x cenere ".

K assume i valori seguenti:

- CEM I 42.5 N,R K = 0.4
- CEM II A/L 42.5 N,R K = 0.2

Il dosaggio minimo di cemento in funzione della classe di esposizione (si veda la Tabella 20 H) può essere diminuito della quantità massima di K x (dosaggio minimo di cemento -200) kg/m³.

Per gli altri tipi di cemento, il dosaggio delle ceneri volanti non deve superare il 25% del peso del cemento. In questo caso l'aggiunta non sarà computata in alcun modo nel dosaggio di cemento e nel calcolo del rapporto A/C.

Ove sia richiesto l'uso dei cementi resistenti ai solfati con basso tenore di C3A (alluminato tricalcico) l'aggiunta non è consentita.

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

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

Qualora si debbano impiegare calcestruzzi aerati, si dovrà determinare mediante apposite prove l'eventuale maggior dosaggio di aerante necessario.

k) Silice ad alta superficie specifica (Fumo di silice)

Potranno essere impiegate aggiunte minerali in polvere costituite da silice amorfa ad elevatissima superficie specifica (fumo di silice), anche additive con superfluidificanti di cui costituiscano un supporto.

Ciò per ottenere conglomerati cementizi ad elevata lavorabilità, resistenza e durabilità, in particolare in presenza di cicli gelo-disgelo e di sali disgelanti.

La quantità di fumo di silice aggiunta all'impasto, limitata all'intervallo 5-10% sul peso del cemento, dovrà essere definita in sede di qualifica preliminare d'intesa con il La Direzione Lavori, 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 CaCl₂ a 5 °C per venti giorni senza che sui provini stessi si manifesti formazione di fessure o scaglie.

Le caratteristiche tecniche previste secondo la UNI EN 13263 dovranno essere quelle della Tabella 20 C.

Tabella 20 C Limiti di composizione per il fumo di silice

| Parametri | Limiti |
|--------------------------------------|--------|
| SiO ₂ | >85% |
| CaO | <1,2% |
| SO ₃ | <2,5% |
| Na ₂ O + K ₂ O | <4,0% |

| | |
|------------------------|-------------------------|
| Cl ⁻ | <0,2% |
| Area specifica B.E.T. | 20-35 m ² /g |
| Silicio elementare, Si | < 0,5 % |

Al fine di ottenere una corretta progettazione della miscela del conglomerato cementizio ove è previsto l'impiego di fumo di silice, il quantitativo di questa in relazione alla distribuzione delle parti fini sarà considerato pari ad una stessa quantità di cemento. Per la definizione del rapporto a/c in relazione alla durabilità (si veda al punto 20.1.5.1), si potrà assumere k =1.

Per l'ottenimento delle resistenze fino a 7d l'apporto della silice non dovrà essere preso in considerazione.

I) Filler

Per migliorare la reologia delle miscele e ridurne il bleeding, è ammesso l'impiego di filler calcareo o di ceneri volanti. Questi materiali devono rispondere alle rispettive norme

- UNI EN 450 per le ceneri volanti
- UNI 8520-2 per il filler.

Le caratteristiche del filler devono risultare conformi ai requisiti della

Tabella 20 D.

Tabella 20 D Caratteristiche e limiti ammissibili per i filler

| Caratteristica | Limiti ammissibili | Metodo di prova |
|--|--|---------------------------------------|
| Granulometria | Devono essere rispettati i limiti del prospetto 7 della uni 12620 | EN 933-10 |
| Massa volumica dei granuli | La massa volumica deve essere espressa in termini di massa volumica dopo essiccazione in stufa e deve essere >2000 | EN 1097-6 |
| Contenuto di cloruri solubili in acqua | Il contenuto di cloruri deve essere minore dello 0,03 per cento | EN 1744-1, punto 7 |
| Contenuto di solfati solubili in acido | Contenuto di solfati solubili in acido < 0,8% | UNI EN 1744-1, punto 12 |
| Contenuto di zolfo totale | contenuto di zolfo totale 1,0% | UNI EN 1744-1, punto 11 |
| Qualità dei fini per (Pulizia) | Il valore del blu di metilene MB _f ≤ 12 g/kg | UNI EN 933-9, appendice A |
| Costituenti che alterano la presa e l'indurimento del calcestruzzo | Il contenuto di tali materiali deve soddisfare i requisiti del 6.4.1 della UNI EN 12620 | UNI EN 1744-1, punto 15.1; 15.2; 15.3 |

9.3.2 Caratteristiche delle miscele dei conglomerati cementizi

9.3.2.1 Requisiti generali

Tutto il calcestruzzo utilizzato, sia prodotto in cantiere sia in uno stabilimento esterno al cantiere, dovrà essere confezionato con processo industrializzato, mediante impianti idonei ad una produzione costante, con personale e attrezzature capaci di valutare e correggere la qualità del prodotto.

Gli impianti devono essere dotati di un sistema di controllo della produzione e di un sistema di gestione della qualità secondo UNI EN 9001 certificato da un organismo terzo indipendente.

Per gli aspetti attinenti alla tecnologia del conglomerato cementizio, l'Appaltatore dovrà avvalersi della collaborazione di un tecnologo qualificato il cui curriculum dovrà essere sottoposto all'approvazione del Direttore dei Lavori.

Per il calcestruzzo fornito da un preconfezionatore esterno l'Appaltatore dovrà garantire il rispetto delle specifiche del presente Capitolato Speciale.

9.3.3 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 per la presenza di solfati, cloruri, anidride carbonica aggressiva.

La degradazione va prevenuta applicando nelle fasi di progettazione e di esecuzione le Norme UNI 8981-1, UNI 8981-2 (2007), UNI EN 206-1 e UNI 11104.

La Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista e con l'Appaltatore, verificherà in fase di qualifica dei materiali e degli impasti l'efficacia dei provvedimenti da adottare in base alle suddette Norme UNI.

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, di anidride carbonica aggressiva e altri aggressivi nelle acque e nei terreni a contatto dei manufatti, dovranno essere osservate le istruzioni di cui alla UNI EN 206-1, alle Norme UNI 8981 e UNI 11104, impiegando i tipi di cemento corrispondenti alle classi di resistenza chimica moderata, alta ed altissima, secondo le prescrizioni delle Norme UNI 9156 e 9606; inoltre, per i conglomerati dei tipi II e III, il rapporto acqua cemento dovrà essere inferiore di 0,05 rispetto a quelli della Tabella 20 H.

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 permeabilità, prove di resistenza ai cicli di gelo disgelo, 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 sottponendo i campioni a 300 cicli di gelo e disgelo, secondo UNI 7087; la conseguente variazione delle proprietà caratteristiche dovrà essere contenuta entro i limiti riportati nella Tabella 20 E.

Tabella 20 E - Prova di resistenza al gelo. Variazioni ammesse

| | |
|------------------------------------|------|
| Riduzione del modulo d'elasticità: | 20% |
| Perdita di massa: | 2% |
| Espansione lineare: | 0.2% |

La prova di permeabilità all'acqua sarà eseguita secondo la Norma ISO 7031. Si richiede una penetrazione media non superiore a 50 mm.

La prova di permeabilità all'ossigeno sarà eseguita secondo UNI 11164. Per calcestruzzo impermeabile si richiede un coefficiente di permeabilità non superiore a $1.5 \times 10^{-17} \text{ m}^2$.

9.3.4 Tipi e classi dei conglomerati cementizi

Ai fini del presente Capitolato Speciale di Appalto, vengono presi in considerazione tipi e classi di conglomerato cementizio:

- i "tipi" sono definiti nella Tabella 20 G, 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.

Ai fini dell'utilizzo della Tabella 20 G il progettista avrà provveduto ad assegnare a ciascun elemento strutturale l'opportuna classe di esposizione conformemente alle prescrizioni contenute nel prospetto 1 della UNI 11104 (allegato 20.1), tenendo anche in considerazione la tabella dell'allegato 20.2.

Per tutte le strutture immerse o contro terra deve essere accertata la composizione dell'acqua e/o del terreno, allo scopo di assegnare la corretta classe di esposizione.

Qualora per un determinato elemento strutturale sussista l'appartenenza a diverse classi di esposizione, si adotteranno i valori di rapporto acqua/cemento, dosaggio di cemento e resistenza a compressione che soddisfano i requisiti di tutte le classi individuate.

Tabella 20 F - Tipi di impiego e classi dei conglomerati cementizii

| Tipo di Cls | Classi di esposizione | Cementi Ammessi a) | Massimo Rapporto a/c | Minimo dosaggio di cemento | Classi di resistenza minime R _{ck} | Consistenza al cono UNI EN 12350-2 |
|-------------|-----------------------|---|----------------------|----------------------------|---|------------------------------------|
| I | XC4, XS1, XF1 | CEM I CEM II CEM III CEM IV | 0,50 | 340 | 40 MPa | S4, S5 |
| II | XA2 | CEM III CEM IV | 0,50 | 340 | 40 MPa | |
| | XA3 | | 0,45 | 360 | 45 MPa | |
| III | XF2 | CEM III CEM IV Con aria aggiunta (vedi Tabella 20 A) ad esclusione del precompresso | 0,50 | 340 | 30 MPa | S4, S5 |
| | XF4 | | 0,45 | 360 | 35 MPa | |
| IV | XC3, XA1 | CEM III CEM IV | 0,55 | 320 | 35 MPa | |
| V | XC2 | CEM III CEM IV | 0,60 | 300 | 30 MPa | |
| | XA2 | | 0,50 | 340 | 40 MPa | |
| | XA3 | | 0,45 | 360 | 45 | |
| VI | X0 | Tutti | | | 15 MPa | |

ALLEGATO 20.2 – GUIDA ALLA SCELTA DELLE CLASSI DI ESPOSIZIONE PER MANUFATTI AUTOSTRADALI

| | | CLASSE DI ESPOSIZIONE | | | |
|---|--|-----------------------|--|---|----------------------|
| IMPIEGO DEI CONGLOMERATI | NOTE | DENOMINAZIONE | DESCRIZIONE AMBIENTE | ESEMPI DI SITUAZIONI | CLASSE DI RESISTENZA |
| Impalcati e pulvini di ponti, viadotti, cavalcavia, sottovia e ponticelli | q. s.l.m. ≤ 400 ml senza cicli gelo/disgelo | XC4 | Ciclicamente bagnato e asciutto | Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2 | 40 Mpa |
| | Strutture costiere | XS1 | Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare | Strutture prossime oppure sulla costa | 40 Mpa |
| | q. s.l.m. > 400 ml o in presenza di cicli gelo/disgelo | XF4 | Elevata saturazione d'acqua, con agente antigelo | Strade e impalcati da ponte esposti agli agenti antigelo. Superfici di calcestruzzo esposte direttamente a nebbia contenente agenti antigelo e al gelo. | 35 Mpa con aerante |
| Pile e spalle di ponti, viadotti, cavalcavia, sottovia e ponticelli | q. s.l.m. ≤ 400 ml senza cicli gelo/disgelo | XC4 | Ciclicamente bagnato e asciutto | Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2 | 40 Mpa |
| | Strutture costiere | XS1 | Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare | Strutture prossime oppure sulla costa | 40 Mpa |
| | q. s.l.m. > 400 ml o in presenza di cicli gelo/disgelo | XF2 | Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo | Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte a gelo e nebbia di agenti antigelo | 30 Mpa con aerante |
| Barriere e parapetti | q. s.l.m. ≤ 400 ml senza cicli gelo/disgelo | XC4 | Ciclicamente bagnato e asciutto | Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2 | 40 Mpa |
| | Strutture costiere | XS1 | Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare | Strutture prossime oppure sulla costa | 40 Mpa |
| | q. s.l.m. > 400 ml in presenza di cicli gelo/disgelo | XF2 | Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo | Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte a gelo e nebbia di agenti antigelo | 30 Mpa con aerante |

| | | | | | |
|--|--|------------|--|---|-----------------------|
| Muri di sostegno, sottoscarpa e controripa | q. s.l.m. ≤ 400 ml senza cicli gelo/disgelo | XC4 | Ciclicamente bagnato e asciutto | Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2 | 40 Mpa |
| | Ambiente aggressivo | XA2 | Ambiente chimico moderatamente aggressivo | Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi | 40 Mpa |
| | Strutture costiere | XS1 | Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare | Strutture prossime oppure sulla costa | 40 Mpa |
| | q. s.l.m. > 400 ml o in presenza di cicli gelo/disgelo | XF4 | Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo | Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte a gelo e nebbia di agenti antigelo | 35 Mpa con aerante |
| Tombini scatolari | q. s.l.m. ≤ 400 ml senza cicli gelo/disgelo | XC4 | Ciclicamente bagnato e asciutto | Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2 | 40 Mpa |
| | Ambiente aggressivo | XA2 | Ambiente chimico moderatamente aggressivo | - | 40 Mpa |
| | q. s.l.m. > 400 ml o in presenza di cicli gelo/disgelo | XF1 | Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo | Superfici verticali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo | 40 Mpa |
| Cunette, cordoli, pavimentazioni | q. s.l.m. ≤ 400 ml senza cicli gelo/disgelo | XC4 | Ciclicamente bagnato e asciutto | Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2 | 40 Mpa |
| | q. s.l.m. > 400 ml o in presenza di cicli gelo/disgelo | XF4 | Elevata saturazione d'acqua, con agente antigelo oppure acqua di mare | Strade e impalcati da ponte esposti agli agenti antigelo. Superfici orizzontali di calcestruzzo esposte direttamente a nebbia contenente agenti antigelo e al gelo. | 35 Mpa con aerante |

| | | | | | |
|---|---------------------|------------|---|--|--------|
| Rivestimenti di gallerie naturali e artificiali (con guaina) esclusi i 50 ml dagli imbocchi | Ambiente aggressivo | XA1 | Ambiente chimico debolmente aggressivo | - | 35 Mpa |
| | Ambiente umido | XC3 | Umidità moderata | Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità relativa dell'aria moderata oppure elevata. Calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia. | 35 Mpa |
| CP e rivestimenti di gallerie naturali e artificiali (senza guaina) esclusi i 50 ml dagli imbocchi | Ambiente aggressivo | XA1 | Ambiente chimico debolmente aggressivo | - | 35 Mpa |
| | Ambiente aggressivo | XA2 | Ambiente chimico moderatamente aggressivo | - | 40 Mpa |
| | Ambiente aggressivo | XA3 | Ambiente chimico fortemente aggressivo | - | 45 Mpa |
| Fondazioni armate e non armate (plinti, pali, diaframmi, ..) | Ambiente bagnato | XC2 | Bagnato, raramente asciutto | Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo. Molte fondazioni | 30 Mpa |
| | Ambiente aggressivo | XA1 | Ambiente chimico debolmente aggressivo | - | 35 Mpa |
| | Ambiente aggressivo | XA2 | Ambiente chimico moderatamente aggressivo | - | 40 Mpa |
| | Ambiente aggressivo | XA3 | Ambiente chimico fortemente aggressivo | - | 45 Mpa |
| Magroni di pulizia, riempimento, livellamento | - | X0 | Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, abrasione o attacco chimico. Per calcestruzzo con armatura o inserti metallici: molto asciutto. | Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria molto bassa | 15 Mpa |

9.3.5 Qualifica preliminare dei conglomerati cementizi

L'Appaltatore, sulla scorta delle prescrizioni contenute nei progetti esecutivi delle opere in conglomerato cementizio semplice e armato (normale e precompresso) e del presente Capitolato Speciale, per la scelta dei materiali e la definizione delle miscele dovrà fare riferimento a:

- classe di esposizione in funzione delle condizioni ambientali (UNI EN 206-1);
- resistenza caratteristica a compressione R_{ck} ;
- durabilità delle opere (UNI 8981-1 e -2);
- lavorabilità (abbassamento al cono UNI EN 12350-2 o altre prove se previsto);
- tipi di cemento e dosaggi minimi ammessi;
- tipi di additivi e di eventuali aggiunte minerali e relativi dosaggi ottimali da utilizzarsi;
- resistenza a trazione per flessione secondo UNI EN 12390-5;
- 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 EN 12350-7);
- 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 5°C) o in clima caldo (al di sopra di 30°C);
- sviluppo di calore e innalzamento di temperatura nei getti
- in caso di maturazione accelerata a vapore: descrizione del ciclo termico e descrizione dell'impianto che l'Appaltatore intenderà utilizzare.

9.3.5.1 Dossier di Prequalifica

L'Appaltatore dovrà prequalificare i materiali e gli impasti in tempo utile prima della qualifica all'impianto, sottponendo all'esame della Direzione Lavori un *DOSSIER DI PREQUALIFICA* contenente:

- a) lo studio dei conglomerati cementizi ai fini della durabilità, eseguito secondo quanto precisato successivamente;
- b) la caratterizzazione granulometrica degli aggregati e i dati di assorbimento delle varie dimensioni dell'aggregato;
- 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 aggiunta, il valore previsto della consistenza al cono (o altro metodo se richiesto), per ogni tipo e classe di conglomerato cementizio;
- d) le caratteristiche dell'impianto di confezionamento, i sistemi di trasporto, di getto e di maturazione;
- e) la documentazione che attesta una produzione con processo industrializzato del calcestruzzo;
- f) i risultati delle prove di prequalifica all'impianto;
- g) i progetti delle opere provvisorie e provvisionali (centine, armature di sostegno e attrezzature di costruzione).
- h) elaborati e relazioni di calcolo

9.3.5.2 Qualifica all'impianto

La qualifica all'impianto ha lo scopo di verificare sia l'efficienza dell'impianto sia le caratteristiche delle miscele che si devono produrre. I laboratori, saranno sia un Laboratorio Ufficiale o autorizzato indicato dalla Direzione Lavori sia, in parallelo, il laboratorio di cantiere.

Si dovranno effettuare, su almeno tre impasti consecutivi, le seguenti verifiche:

1. il valore medio della resistenza a compressione a 28 giorni (R_m), misurato su almeno 4 prelievi

(ciascuno di due provini) deve essere:

- per $R_{ck} < 30 \text{ N/mm}^2$ $R_m \geq 1,25 R_{ck}$
- per $30 \text{ N/mm}^2 \leq R_{ck} \leq 40 \text{ N/mm}^2$ $R_m \geq 1,20 R_{ck}$
- per $R_{ck} > 40 \text{ N/mm}^2$ $R_m \geq 1,15 R_{ck}$

con valore minimo di ogni singolo provino $R_j \geq R_{ck}$;

dovrà anche essere misurata la resistenza a compressione a 2 e 7 giorni.

2. il valore dell'abbassamento al cono deve essere conforme alla classe di consistenza dichiarata $\pm 20 \text{ mm}$. Salvo requisiti diversi definiti in Progetto o individuati dalla Direzione dei Lavori in funzione delle condizioni di impiego, la consistenza deve mantenersi:
 - per almeno 60 minuti per temperature fino a 20°C ;
 - per almeno 45 minuti per temperature fino a 30°C .
3. deve essere verificata l'omogeneità del calcestruzzo all'atto del getto su due campioni, prelevati rispettivamente a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera; deve risultare:
 - una differenza dell'abbassamento al cono non superiore a 30 mm,
 - una differenza tra le percentuali in peso di passante al vaglio a maglia quadrata da 4 mm dei due campioni non superiore al 4%,
4. il rapporto acqua/cemento determinato secondo le modalità previste nella Norma UNI 6393, non deve differire di $+ 0.03$ da quello dichiarato nella prequalifica;
5. il valore della massa volumica del calcestruzzo fresco dev'essere superiore al 98% del teorico;
6. il bleeding (secondo UNI 7122, p. 5.2) deve essere minore dello 0,1% dell'acqua di impasto.

Le resistenze medie a compressione per ciascun tipo di calcestruzzo, misurate a 2 e 7 giorni sui provini prelevati dall'impasto di prova all'impianto, non devono discostarsi di $\pm 15\%$ dalle resistenze indicate nella relazione di prequalifica.

Tutti gli oneri e gli eventuali ritardi causati dalle ripetizioni delle prove all'impianto di confezionamento saranno a totale carico dell'Appaltatore.

9.3.5.3 Autorizzazione ai getti

La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei getti di conglomerato cementizio solo dopo aver esaminato ed approvato il *DOSSIER DI PREQUALIFICA* dei materiali e degli impasti di conglomerato cementizio avendo effettuato le prove di qualifica all'impianto di betonaggio, in contraddittorio con l'Appaltatore.

L'approvazione delle proporzioni delle miscele da parte del Direttore dei Lavori non libera in alcun modo l'Appaltatore dalle sue responsabilità in base alle norme vigenti.

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 rendesse necessaria una variazione dei materiali, la procedura di qualifica dovrà essere ripetuta.

Qualora l'Appaltatore impieghi conglomerato cementizio preconfezionato pronto all'uso - prodotto da operatori esterni alla sua struttura, per il quale si richiama, oltre alle Linee Guida del Ministero dei Lavori Pubblici, la Norma UNI EN 206-1 - dovranno essere comunque:

- rispettate le prescrizioni sulla qualificazione dei materiali,
- definite e qualificate le composizioni degli impasti,
- eseguite le prove di qualifica all'impianto,
- dovrà essere documentata la produzione con processo industrializzato.

Si puntualizza che per la realizzazione delle opere in conglomerato cementizio dovrà essere impiegato esclusivamente "conglomerato cementizio a prestazione garantita" secondo la Norma UNI EN 206-1. 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 > 15 MPa.

9.3.6 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 e l'utilizzo delle miscele previste per le varie parti delle opere.

L'Appaltatore dovrà disporre di almeno un Laboratorio (in cantiere, all'impianto di confezionamento o nelle immediate vicinanze) idoneo all'esecuzione di tutte le prove di qualifica e conformità del calcestruzzo fresco ed indurito e dei materiali costituenti, ad eccezione delle determinazioni chimiche e delle prove di permeabilità (profilo di penetrazione dell'acqua in pressione o coefficiente di diffusione).

Presso il laboratorio responsabile delle prove di qualifica dovranno essere disponibili le seguenti apparecchiature:

- Forno per essiccare;
- Setacci;
- Bilancia di portata fino a 20 kg e sensibilità 1 gr;
- Termometro a immersione per calcestruzzo;
- Porosimetro;
- Picnometro;
- Contenitore tarato per prove di massa volumica su calcestruzzo;
- Cono o tavola a scosse;
- Casseforme di acciaio o PVC per il prelievo di almeno 32 cubetti;
- Impastatrice da laboratorio;
- Piastra o ago vibrante;
- Sclerometro;
- Termometro a max-min;
- Contenitore ermetico ed alcool per il controllo del calcestruzzo fresco;
- Camera termostatica con umidificatore a nebbia o vasca termostatica di stagionatura dei provini di calcestruzzo.
- Pressa da laboratorio con carico massimo pari ad almeno 2000 kN
- Attrezzatura per la registrazione delle temperature del calcestruzzo durante la presa e l'indurimento, dotata di almeno sei termocoppie;
- Carotatrice idonea al prelievo di carote con diametro fino a 120 mm

9.3.6.1 Resistenza dei conglomerati cementizi

La resistenza cubica dei conglomerati cementizi verrà controllata mediante i *controlli di accettazione*, che dovranno essere effettuati, per ciascuna opera o parte di opera, su tutte le miscele qualificate impiegate.

Il prelevamento dei campioni deve essere eseguito in modo tale che non sia possibile un cambiamento sostanziale delle proprietà significative e della composizione del calcestruzzo tra il momento del campionamento e quello della posa in opera.

Con il calcestruzzo di ciascun prelievo verranno confezionate, secondo le UNI EN 12390-1 e -2, impiegando casseforme cubiche calibrate, almeno due coppie di provini per il cemento armato e almeno tre coppie di provini per il cemento armato precompresso.

Il Direttore dei Lavori o un tecnico di sua fiducia provvederanno ad identificare ciascun provino mediante scritte indelebili su fascette di plastica inserite nella superficie del provino fresco e non rimovibili. I provini verranno lasciati nelle casseforme, protetti con pellicola di politene e riposti in

ambienti chiusi a temperatura tra 15 e 25 °C. Dopo 16 ore ma non più di 3 giorni verranno trasferiti in laboratorio, sformati e posti in cella di maturazione a temperatura di $20 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidità relativa $\geq 95\%$ oppure in acqua a $20 \pm 2^\circ\text{C}$.

Per il cemento armato la prima coppia verrà provata a 7 giorni e la seconda a 28 giorni. Per il cemento armato precompresso si eseguiranno le prove a 3, 7 e 28 giorni. Il valore medio delle resistenze di ciascuna coppia verrà designato "resistenza di prelievo".

I valori delle resistenze di prelievo a 3 oppure a 3 e 7 giorni, verranno determinati presso il Laboratorio della Direzione dei Lavori e impiegati per confronto con i dati corrispondenti ottenuti in fase di qualifica all'impianto, per una contabilizzazione provvisoria in attesa dei dati a 28 giorni.

Nel caso che la resistenza ricavata dalle prove a 3 o 7 giorni risultasse 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'Appaltatore possa accampare per questo alcun diritto.

Le resistenze di prelievo a 28 giorni verranno determinate dal Laboratorio Ufficiale secondo le UNI EN 12390-3 e 4, e verranno utilizzate per verifica della conformità della resistenza del calcestruzzo impiegato a quella di Progetto. La verifica verrà eseguita con il metodo statistico (tipo B) mentre solo per volumi di miscela omogenea minori di 1500 m³ potrà essere utilizzato il metodo tipo A.

9.3.6.1.1 Controlli di accettazione con metodo Tipo A

Un controllo di accettazione di tipo A è riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 m³ ed è rappresentato da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m³ di getto. Per ogni giorno di getto va eseguito almeno un prelievo. Dovrà risultare per ogni gruppo di tre prelievi:

- $R_m \geq R_{ck} + 3.5$
- $R_1 \geq R_{ck} - 3.5$

dove R_m è la resistenza media e R_1 la minima dei tre prelievi, mentre R_{ck} è la resistenza caratteristica di Progetto. Per quantità minori di 100 m³ di miscela omogenea, si può derogare dall'obbligo di prelievo giornaliero.

9.3.6.1.2 Controlli di accettazione con metodo Tipo B

Il controllo di tipo B, riferito a una definita miscela omogenea, va eseguito con una frequenza non minore di un controllo ogni 1500 m³ di calcestruzzo. Per ogni getto di miscela va eseguito almeno un prelievo e complessivamente almeno 15 prelievi sui 1500 m³.

Devono essere verificate le disuguaglianze:

- $R_1 \geq R_{ck} - 3.5$
- $R_m \geq R_{ck} + 1.4 s$

dove s è lo scarto quadratico medio

In entrambi i casi (controllo Tipo A o B), nulla sarà dovuto all'Appaltatore se la resistenza R_{ck} risulterà maggiore di quella indicata negli elaborati progettuali.

9.3.6.2 Non conformità dei controlli di accettazione

Se dalle prove eseguite presso il Laboratorio Ufficiale, risultassero nonconformità nei controlli di accettazione, la Direzione Lavori aprirà delle nonconformità che dovranno essere risolte, d'intesa con il Progettista, come stabilito nel seguito. Tutte le relative prove saranno a totale carico dell'Appaltatore.

Verrà determinata la resistenza in sito del conglomerato, mediante carotaggio secondo UNI EN 12504, su carote del diametro di 10 cm o maggiore (almeno 3 volte il diametro massimo dell'aggregato); per ogni 100 m³ di calcestruzzo non conforme si preleverà una serie di almeno 6 carote che verranno conservate fino alla prova in ambiente interno asciutto (non in acqua).

L'altezza delle carote sarà uguale al diametro (con tolleranza di ± 2 mm) e si scarteranno le carote contenenti barre di armatura, fratturate o con evidenti difetti. Le carote dovranno essere rettificate; non è ammessa cappatura con gesso. La planarità e parallelismo delle facce, conformi alla UNI EN citata, devono essere verificate con strumenti di appropriata sensibilità. Per carotaggio orizzontale il valore di resistenza verrà incrementato del 5%.

Se il valore medio di una serie di determinazioni di resistenza in sito non è inferiore all'85% di R_m (valore medio della resistenza) richiesto in Progetto, il calcestruzzo è giudicato direttamente accettabile, se invece detto valore medio è inferiore all' 85% di R_m, il Progettista deve procedere al controllo della sicurezza della struttura in base alla resistenza in sito:

- se tale controllo è soddisfacente il calcestruzzo può essere accettato e non sono richieste ulteriori azioni, salvo l'applicazione di una penale proporzionale al 15 % (sul valore della lavorazione, per tutte le superfici ed i volumi per ogni 5 MPa del valore medio in meno rispetto alla resistenza caratteristica. Il Direttore dei Lavori potrà adottare ulteriori provvedimenti a seguito di una valutazione dell'effetto della resistenza ridotta sulla durabilità, in base alle prescrizioni della UNI 11104.
- se le verifiche della sicurezza non sono soddisfacenti l'Appaltatore sarà tenuto, a sua totale cura e spese, alla demolizione e rifacimento dell'opera oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dallo stesso, per diventare operativi dovranno essere formalmente approvati dal Progettista.

9.3.7 Tecnologia esecutiva delle opere

L'Appaltatore è tenuto all'osservanza delle Norme Tecniche emanate in applicazione della Legge 05/11/1971 n. 1086 (D.M. in vigore) nonché della Legge 02/02/1974 n. 64 (Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche) con relative istruzioni e successivi aggiornamenti e le Norme UNI vigenti, in quanto applicabili, ed in particolare delle Norma UNI EN 206-1 e UNI EN 13670

9.3.7.1 Confezione dei conglomerati cementizi

La confezione dei conglomerati cementizi dovrà essere eseguita con gli impianti preventivamente approvati dalla Direzione Lavori in fase di qualifica delle miscele.

Alla fine di ogni turno di lavoro l'Appaltatore 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 conformità del conglomerato cementizio prodotto durante l'intera giornata lavorativa.

È obbligatorio l'impiego di premescolatori fissi per i calcestruzzi aventi resistenza a compressione di 40 MPa o maggiore o aventi rapporto a/c di 0,45 o minore e per i calcestruzzi aerati.

Gli impianti di betonaggio saranno del tipo automatico o semiautomatico, con dosatura a peso degli aggregati, dell'acqua, delle aggiunte minerali e del cemento e a volume per gli additivi; la precisione delle apparecchiature per il dosaggio saranno quelli della Norma UNI EN 206-1; dovrà essere controllato il contenuto d'umidità degli aggregati in funzione del quale dovrà essere corretto il dosaggio d'acqua di impasto.

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.

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.

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 e delle aggiunte minerali debbono garantire la tenuta nei riguardi dell'umidità atmosferica.

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).

9.3.7.2 Getti in clima freddo

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

Per le considerazioni e prescrizioni seguenti si dovrebbe conoscere la massima caduta da un giorno all'altro della temperatura minima rilevata dagli osservatori meteorologici nei siti interessati nel periodo invernale

In caso di clima freddo occorre:

- assicurare il calcestruzzo giovane contro il rischio del congelamento; ciò si ottiene mantenendo la temperatura al di sopra dei valori di sicurezza successivamente indicati in tabella 1;
- realizzare la protezione dei manufatti impedendo un rapido essicramento, che ostacolerebbe l'idratazione del cemento alla superficie del calcestruzzo;
- favorire la maturazione e controllare lo sviluppo di resistenza del calcestruzzo fino a raggiungere il livello necessario per la rimozione dei sostegni e delle casseforme.

Il periodo di tempo durante il quale si debbono mantenere in atto gli accorgimenti relativi ai tre punti precedenti viene designato "periodo di maturazione protetta".

9.3.7.2.1 Mantenimento della temperatura del calcestruzzo per evitare il congelamento

In clima freddo la temperatura del calcestruzzo nel tempo è funzione di diversi fattori, tra cui la temperatura iniziale all'atto dello scarico dalla betoniera, la temperatura dell'aria esterna, lo spessore del getto, l'eventuale impiego di sistemi protettivi; influiscono ovviamente anche il tipo di cemento, il dosaggio di cemento e il tipo di additivazione.

Allo scopo di impedire il congelamento del calcestruzzo, che potrebbe danneggiare severamente il materiale, la temperatura minima del getto (indicata nella tabella 20.I in funzione dello spessore minimo del manufatto e della temperatura dell'aria) deve essere assicurata per il periodo necessario (periodo di maturazione protetta) affinché la resistenza del calcestruzzo raggiunga un valore di almeno 5 Mpa. A questa resistenza corrisponde la capacità del calcestruzzo di poter sopportare un ciclo di congelamento senza subire danni; successivamente, al termine della maturazione protetta, la cassaforma e l'eventuale coibentazione possono essere rimosse.

Nella Tabella 20 G vengono altresì riportate le temperature minime del calcestruzzo raccomandate in centrale per durate del trasporto inferiori ai 30 minuti.

Per trasporti di maggiore durata si può usare l'equazione seguente, che dà la perdita di temperatura ΔT durante il trasporto:

- $\Delta T = 0.25 \cdot (T_r - T_a) \cdot t$

in cui T_r è la temperatura richiesta in centrale, T_a è la temperatura dell'aria e t la durata del trasporto in ore; ΔT è quindi il valore da aggiungere ai valori raccomandati in centrale.

Nella stessa Tabella 20 G vengono altresì riportati i massimi valori ammissibili di abbassamento della

temperatura nelle prime 24 ore dopo la fine della protezione ovvero dopo la rimozione dei sistemi coibenti per evitare shock termico.

Tabella 20 G - Temperature del calcestruzzo

| Temperatura dell'aria | Minima dimensione della sezione, mm | | | |
|---|-------------------------------------|----------------|----------|------------------------|
| | 300 (solette) | 300-900 (muri) | 900-1800 | > 1800 (pile e plinti) |
| Minima temperatura ammessa del calcestruzzo dopo il getto, fino alla fine della maturazione protetta, °C | | | | |
| Da 5 a -15 °C | 13 | 10 | 7 | 5 |
| Minima temperatura richiesta del calcestruzzo alla centrale, per durata del trasporto < di 0.5 ore. | | | | |
| > -1 | 16 | 13 | 10 | 7 |
| Da -15 a -1 | 18 | 16 | 13 | 10 |
| Massimo ammissibile abbassamento superficiale di temperatura nelle prime 24 ore dopo la fine della protezione | | | | |
| | 25 | 22 | 17 | 11 |

9.3.7.2.2 Coibentazione

Per la durata della maturazione protetta, allo scopo di mantenere la temperatura del calcestruzzo nelle casseforme al di sopra dei limiti assegnati in tabella 20 I, si deve far uso di appositi sistemi di coibentazione fino a quando la resistenza a compressione del calcestruzzo abbia raggiunto 5 Mpa.

La coibentazione dei manufatti deve essere realizzata con le modalità seguenti:

- per i getti con ampie superfici orizzontali (solette) si deve ricorrere a materassini isolanti di lana di vetro o di roccia da applicare subito dopo la rifinitura delle superfici;
- per i getti in cassero (plinti, pile e pulvini) si devono usare cassaforme coibentate.

In funzione del tipo di manufatto e della temperatura minima prevedibile, la Tabella 20 H indica la Resistenza termica minima ($R = m^2 \cdot ^\circ C/W$) della cassaforma coibentata o del materassino da utilizzare.

Tabella 20 H – Resistenza termica ($m^2 \cdot ^\circ C/W$) della coibentazione per manufatti tipo;

| Spessore minimo, mm | Temp. Minima prevista, °C | Solette | Pile, muri | Pulvini |
|---------------------|---------------------------|---------|------------|---------|
| < 300 | Fino a -5 | 0.8 | | |
| | Fino a -15 | 1.41 | | |
| 500-1200 | Fino a -5 | | 0.5 | |
| | Fino a -15 | | 0.7 | |
| > 1800 | Fino a -15 | | | .35 |

9.3.7.2.3 Protezione

Dopo la posa in opera e lo scassero le parti esposte all'aria dei manufatti andranno protette contro l'essiccamiento prematuro.

9.3.7.2.4 Requisito di resistenza

Qualora esista un requisito di resistenza minima all'atto dello scassero o della rimozione dei sostegni, si dovrà utilizzare il metodo della determinazione della maturità del calcestruzzo mediante sonde termometriche a registrazione inserite nel calcestruzzo e curve di taratura maturità/resistenza. A tale scopo si dovrà fare riferimento alla Norma ASTM C 1074 per la procedura appropriata.

In alternativa si potranno utilizzare maturometri del tipo COMA Meter della Germann ([www.germann.org](http://www.germann.org/products/comameter.htm) /products /comameter.htm)

9.3.7.2.5 Ulteriori precauzioni

Qualora all'interno dei manufatti siano contenuti oggetti metallici di dimensioni notevoli (ed eventualmente anche di calcestruzzo indurito) dovranno essere prese delle precauzioni per evitare che a bassa temperatura questi oggetti possano raffreddare il calcestruzzo adiacente.

Le casseforme dovranno essere prive di neve e ghiaccio e la loro temperatura non dovrà causare il congelamento del calcestruzzo al contatto.

9.3.7.2.6 Misure di temperatura

All'interno dei manufatti indicati dalla Direzione dei Lavori debbono essere disposte termocoppie allo scopo di verificare, ogni 2 ore, la temperatura del calcestruzzo. Sono da preferire sistemi automatici muniti di data-logger.

La posizione delle termocoppie dovrà trovarsi nei punti più critici, in particolare in corrispondenza di vertici e spigoli.

9.3.7.3 Getti clima caldo

Durante la stagione calda, se la prevedibile temperatura ambiente supera i 30 °C, dovranno essere adottate opportune precauzioni, per evitare:

- gli effetti di una più rapida perdita della lavorabilità del conglomerato,
- i rischi della fessurazione da ritiro plastico,
- disidratazione rapida della superficie libera dei manufatti dopo la presa,
- eccessivi aumenti della temperatura all'interno dei manufatti, specialmente se la classe di resistenza è elevata e lo spessore minimo supera 0,5 m (si veda anche paragrafo sui getti massicci).

A tale scopo verranno utilizzate miscele qualificate in condizioni analoghe a quelle previste, con l'opportuna additivazione; le superfici esposte all'ambiente dovranno essere opportunamente protette.

La temperatura del calcestruzzo fresco non dovrà essere superiore a 25 °C: a tale scopo si dovranno adottare opportuni accorgimenti, quali il raffreddamento dell'acqua se sufficiente e degli aggregati se necessario.

È ammesso il raffreddamento degli aggregati mediante innaffiamento con acqua fredda; in questo caso il sistema per la misura del contenuto d'acqua dell'aggregato dell'impianto di confezionamento del calcestruzzo dovrà essere verificato quotidianamente mediante la misura del rapporto acqua/cemento secondo UNI 6393.

La Direzione Lavori procederà a misure della temperatura del calcestruzzo fresco che verrà rifiutato qualora questa risulti superiore al limite suddetto.

9.3.7.4 Getti massicci

Qualora debbano realizzarsi getti massicci (dimensione minima pari ad 1,5 metri o maggiore) dovranno essere attuati gli opportuni accorgimenti per evitare fessure dovute al raggiungimento di temperature e gradienti eccessivi all'interno dei manufatti, dovuti a loro volta allo sviluppo del calore di idratazione del cemento. In particolare non dovrà essere superata all'interno dei getti la temperatura di 65°C e la massima differenza di temperatura nella sezione del manufatto dopo la

rimozione delle casseforme non dovrà essere superiore a 20 °C. Dovranno pertanto evitarsi metodi di stagionatura che favoriscono un rapido raffreddamento della superficie esterna dei manufatti; al contrario sarà utile il mantenimento prolungato dei casserì (se isolanti).

L'Appaltatore dovrà assicurarsi che con la miscela di calcestruzzo prevista la quantità di calore sviluppato non risulti eccessiva e la temperatura iniziale del calcestruzzo sia sufficientemente bassa per rispettare le prescrizioni precedenti.

Qualora necessario dovranno essere raffreddati con mezzi adeguati i componenti della miscela, calcolando preventivamente l'effetto sulla temperatura del calcestruzzo fresco. È consentito il raffreddamento della miscela mediante uso di ghiaccio, purché il Direttore dei Lavori possa verificare il controllo e la costanza del rapporto acqua/cemento e si assicuri l'assenza di pezzi di ghiaccio alla fine della vibrazione. Eventualmente si dovrà ricorrere al raffreddamento del manufatto mediante circolazione di acqua in appositi tubi metallici preinseriti a perdere nel getto.

L'Appaltatore dovrà sottoporre alla Direzione dei Lavori un bilancio termico e le precauzioni adottate, che dimostrino l'assenza di condizioni che possano portare alla fessurazione.

9.3.7.5 Getti di lunghezza elevata

Getti di lunghezza elevata come elementi di rivestimento delle gallerie, muri di sostegno, cunette e simili, in particolar modo se il loro spessore supera i 50 cm, sono soggetti a fenomeni fessurativi con la formazione di cavillature o fessure parallele al lato corto con spaziatura mediamente di quattro metri o più. La fessurazione a breve termine (uno o pochi giorni) è dovuta principalmente al ritiro termico; successivamente si verifica un contributo da parte del ritiro igrometrico.

I fenomeni suddetti si possono controllare minimizzando lo sviluppo di calore di idratazione del calcestruzzo, riducendone la temperatura iniziale e mantenendo a lungo le casseforme (se coibenti); tuttavia il progettista dovrà prevedere un congruo numero di giunti di contrazione allo scopo di evitare la formazione di fessure casuali.

La riduzione della quantità di calore sviluppato si ottiene scegliendo un cemento a basso calore di idratazione (CEM III o CEM IV), ottimizzando la riduzione d'acqua mediante additivi, adottando elevati valori di Dmax. La riduzione della temperatura massima si può ottenere sia riducendo il calore di idratazione totale, sia riducendo la temperatura del calcestruzzo fresco (uso di acqua fredda o ghiaccio).

Allorché per le necessità operative i casserì devono essere rimossi in tempi brevi (1 o 2 giorni), si può prendere in considerazione l'impiego di falsi casserì coibentati che devono rimpiazzare in tempi molto brevi (poche ore) i casserì veri.

Anche per manufatti di questo tipo l'Appaltatore dovrà sottoporre alla Direzione dei Lavori un bilancio termico che dimostri l'assenza di condizioni che possono portare alla fessurazione.

9.3.7.6 Trasporto e consegna

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.

Il DdT (Documento di Trasporto) di ciascuna consegna di calcestruzzo dovrà riportare la designazione di qualifica della miscela, la sua ricetta, la registrazione delle pesate e i valori di umidità dell'aggregato.

L'uso delle pompe sarà consentito a condizione che l'Appaltatore 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 miscela qualificata di calcestruzzo dovrà avere un mantenimento della lavorabilità idoneo per la durata massima prevista del trasporto, anche in funzione delle 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; i quantitativi rifiutati, non potranno essere oggetto di successive "correzioni" ma dovranno essere definitivamente ed insindacabilmente riposti nell'apposito sito predisposto dall'Appaltatore.

In particolare, 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'Appaltatore 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.

9.3.7.7 Prova sui materiali e sul conglomerato cementizio fresco

Fermo restando quanto stabilito al precedente punto 20.5 riguardo alla resistenza dei conglomerati cementizi, la Direzione Lavori si riserva la facoltà di prelevare 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 secondo UNI 7122).

La prova di consistenza si eseguirà misurando l'abbassamento al cono (slump), come disposto dalla Norma UNI EN 12350.

Detta prova sarà effettuata ad ogni autobetoniera, nei pressi del getto.

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 nel mix-design di prequalifica.

Ad ogni controllo sarà redatto un apposito rapporto di prova strutturato secondo le indicazioni della Direzioni Lavori.

Qualora l'abbassamento, con tolleranza di ± 2 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 di successive 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 EN 12350-5 o con l'apparecchio VEBE secondo la Norma UNI EN 12350-3.

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 aggregato grosso nei due campioni non dovrà differire più del 6%.

Inoltre lo slump dei due campioni prima della vagliatura non dovrà differire più di 3 cm.

La prova del contenuto d'aria secondo la Norma UNI EN 12350-7 è richiesta per tutti i calcestruzzi aerati e dovrà essere effettuata sul contenuto d'ogni betoniera. Quando il contenuto percentuale

d'aria aggiunta non sarà quello preliminarmente stabilito (si veda il punto XX.1.2.2), l'autobetoniera sarà allontanata dal cantiere.

Sarà premura della Direzione Lavori accertare che il conglomerato in essa contenuto non sia oggetto di successive manipolazioni, ma sia definitivamente scartato in quanto non idoneo.

Il rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio fresco dovrà essere controllato in cantiere, secondo la Norma UNI 6393, 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..

9.3.7.8 Casseforme e 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.

La temperatura del conglomerato cementizio all'atto del getto dovrà essere compresa tra 5 e 25°C, salvo diverse prescrizioni del progettista.

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'Appaltatore 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.

L'Appaltatore dovrà progettare le cassaforme e le relative strutture di contrasto, (in particolare per manufatti di altezza rilevante gettati velocemente e con conglomerato di consistenza S5 o SCC), in modo tale da evitare rischi connessi alla pressione del calcestruzzo fresco. Si dovrà fare riferimento al Progetto di Norma SS UNI U50.00.206.0 o successivi aggiornamenti.

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'Appaltatore dovrà tenere registrati giornalmente i minimi di temperatura desunti da un apposito termometro esposto nello stesso cantiere di lavoro.

Si dovranno rimuovere dall'interno dei casserì e della superficie dei ferri d'armatura eventuali residui

di ghiaccio o di brina eventualmente venutasi a formare durante le ore notturne.

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 staghe 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'Appaltatore.

Quando le irregolarità siano mediamente superiori a 10 mm, la Direzione Lavori ne imporrà la regolarizzazione a totale cura e spese dell'Appaltatore 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 casserì od altro, dovessero sporgere da getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 1,5 cm sotto la superficie finita e le cavità risultanti saranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento espansivo.

Dovunque sia possibile, gli elementi dei casserì saranno 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 scendere verticalmente al centro della cassaforma e sarà steso, mediante rastrelli o staghe, in strati orizzontali di spessore limitato e comunque non superiore a 50 cm misurati dopo la vibrazione. Nel caso di getti di notevole estensione i punti di getto non dovranno distare più di cinque metri uno dall'altro (salvo l'impiego di calcestruzzo autocompattante).

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.

9.3.7.9 Compattazione

Dopo la posa in opera tutto il calcestruzzo dovrà essere compattato mediante vibrazione allo scopo di minimizzare il contenuto d'aria intrappolata (non aria aggiunta) fino al contenuto fisiologico in relazione al diametro massimo (si veda la Tabella 20.I). Si impiegheranno vibratori interni di ampiezza e frequenza adeguata per il calcestruzzo in lavorazione. I vibratori si dovranno inserire verticalmente ed estrarre lentamente dal conglomerato.

È vietato l'impiego dei vibratori per distribuire l'eventuale calcestruzzo a bassa consistenza scaricato sulle casseforme. Durante l'uso, si dovrà inserire ed estrarre lentamente il vibratore nel calcestruzzo fresco allo scopo di evitare difetti localizzati.

La Direzione Lavori potrà disporre la verifica dell'efficacia della compattazione sia mediante prelievo di calcestruzzo fresco dopo la posa in opera e vibrazione e misura del contenuto d'aria secondo UNI EN 12350-7 sia sul conglomerato indurito, ad esempio mediante confronto con le foto della BS 1881 o mediante la determinazione della massa volumica delle carote. Qualora il contenuto di aria risultasse eccessivo, la Direzione Lavori potrà ricorrere a misure adeguate, fino alla sospensione dei lavori.

Tabella 20.I

| Diametro massimo dell'aggregato (mm) | Tenore limite dell'aria inglobata (%) |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 12 | 2.5 |
| 20 | 2 |
| 25 | 1.5 |
| 31.5 | 1.5 |

Informazioni estese per la compattazione del calcestruzzo sono contenute nella ACI 309 "Guide for Consolidation of Concrete" dell'American Concrete Institute, .

9.3.7.10 Riprese di getto

L'Appaltatore 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 avversi distacchi o discontinuità o differenze d'aspetto.

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'Appaltatore 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 subito prima della sospensione del getto; dopo che la massa del conglomerato sarà indurita si provvederà (entro 24 ore) 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; la ripresa potrà effettuarsi solo dopo che la superficie del getto precedente sia stata accuratamente pulita, lavata e spazzolata.

Se l'interruzione dei getti si protrae per tempi non superiori a 20 ore, è ammessa la realizzazione di manufatti monolitici mediante posa in opera di un ultimo strato contenente additivo ritardante, dosato in modo tale da prolungare la presa per il periodo necessario. Su questo, ancora capace di accogliere un vibratore, potrà essere gettato lo strato successivo e i due strati potranno essere vibrati simultaneamente.

Impiegando questa tecnologia, si dovrà impedire l'essiccamiento del calcestruzzo dello strato di attesa, mediante coperture impermeabili o teli mantenuti bagnati.

L'Appaltatore dovrà sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori la miscela ritardata, eseguendo anche prove di presa in calcestruzzo secondo UNI 7123.

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. Si farà uso a tale scopo di tubo getto, adottando gli accorgimenti necessari affinché venga realizzata una separazione all'interno del tubo tra l'acqua e il calcestruzzo in fase di getto iniziale. A regime il tubo getto dovrà essere pieno di calcestruzzo ed inserito per almeno 50 cm nel calcestruzzo già gettato. La Direzione Lavori dovrà vietare che il tubo getto venga sollevato ed abbassato per facilitare il flusso del conglomerato.

9.3.7.11 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 (favorito da tempo secco e ventilato) 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'Appaltatore 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 immediatamente dopo il getto, sia mediante continua bagnatura con acqua nebulizzata, evitando ruscellamento d'acqua, sia con applicazione di teli di tessuto da mantenere bagnati, sia infine con teli di plastica.

I prodotti antievaporanti (curing), dovranno essere conformi a quanto indicato nella Norma UNI 8656. ed il loro dosaggio essere approvati dalla Direzione Lavori.

La costanza della composizione dei prodotti antievaporanti dovrà essere verificata al momento del loro approvvigionamento.

In particolare per le solette, che sono soggette all'essiccamiento prematuro ed alla fessurazione da ritiro plastico che ne deriva, è fatto obbligo di applicare sistematicamente i provvedimenti 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 $0,5\div1,5 \text{ kg/m}^3$.

Qualora sulla superficie di manufatti, in particolare delle solette di impalcato si rilevi la formazione diffusa di cavillature (apertura minore di 0,3 mm) in misura giudicata eccessiva dalla Direzione Lavori, sarà a carico dell'Appaltatore l'applicazione sull'intera superficie di manufatti una rasatura (spessore di 1-2 mm) di prodotto impermeabile polimero cementizio.

Nel caso che sui manufatti si rilevino manifestazioni di ritiro plastico con formazione di fessure d'apertura superiore a 0,3 mm, in misura complessivamente minore di un metro lineare per 250 m², l'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese alla sigillatura mediante iniezione di dette fessure con resina epossidica extra fluida.

Se il fenomeno fessurativo risultasse ancora più intenso, l'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese alla demolizione ed al rifacimento delle strutture danneggiate.

9.3.7.12 Disarmo e scassatura

Durante il periodo della stagionatura, i getti dovranno essere riparati da 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'Appaltatore dovrà attenersi a quanto stabilito nella UNI EN 13670-1 (Tabella 20 L).

9.3.7.13 Protezione dopo la scassatura

Al fine di evitare un prematuro essiccamiento dei manufatti dopo la rimozione delle casseforme, per effetto del quale l'indurimento è ridotto e il materiale risulta più poroso e permeabile, si dovrà procedere alla stagionatura protetta.

Per la stagionatura e la protezione sono utilizzabili, separatamente o in sequenza, i metodi seguenti:

- mantenere nella sua posizione la cassaforma;
- coprire la superficie del calcestruzzo con membrane impermeabili assicurate agli spigoli e ai

- giunti, per prevenire la formazione di correnti d'aria;
- porre teli bagnati sulla superficie e assicurarsi che restino bagnati;
- mantenere bagnata la superficie del calcestruzzo mediante irrigazione con acqua;
- applicazione di un idoneo prodotto stagionante.

La durata della stagionatura, intesa come giorni complessivi di permanenza nei casserri e di protezione dopo la rimozione degli stessi, va determinata in base alle indicazioni della UNI EN 13670-1. La Tabella 20.J fornisce la durata richiesta della stagionatura.

Tabella 20.J - Periodo minimo di protezione in funzione della temperatura superficiale del calcestruzzo e della velocità di sviluppo della resistenza (da UNI EN 13670.1)

| Temperatura superficiale del calcestruzzo (t), °C | Minimo periodo di stagionatura, giorni ^{1), 2)} | | | |
|---|---|------------------------|------------------------|---------------------------|
| | Sviluppo di resistenza del calcestruzzo ⁴⁾ (Rc medio 2 d / Rc medio 28 d) = r | | | |
| | rapido $r \geq 0.50$ | medio $r \geq 0.30$ | lento $r \geq 0.15$ | molto lento $r < 0.15$ |
| $t \leq 25$ | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 3.0 |
| $25 > t \geq 15$ | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 5 |
| $15 > t \geq 10$ | 2.0 | 4.0 | 7 | 10 |
| $10 > t \geq 5$ ³⁾ | 3.0 | 6.0 | 10 | 15 |

1) più l'eventuale tempo di presa eccedente le 5 ore
 2) è ammessa l'interpolazione lineare tra i valori delle righe
 3) Per temperature sotto 5°C, la durata deve essere aumentata per un tempo uguale al periodo sotto 5°C
 4) Lo sviluppo di resistenza del calcestruzzo è il rapporto tra la resistenza media a 2 giorni e la resistenza media a 28 giorni, determinato dalle prove di prequalifica.

9.3.7.14 Maturazione accelerata a vapore

La maturazione accelerata a vapore deve essere eseguita osservando le prescrizioni che seguono:

- la temperatura del conglomerato cementizio, durante le prime 3 h dall'impasto non deve superare 30°C; dopo le prime 4 h dall'impasto non deve superare 40°C;
- la velocità di riscaldamento non deve superare 20 °C/h;
- la temperatura massima del calcestruzzo non deve in media superare 60°C (i valori singoli devono essere minori di 65°C);
- il calcestruzzo deve essere lasciato raffreddare con una velocità di raffreddamento non maggiore di 10 °C/h;
- durante il raffreddamento e la stagionatura occorre ridurre al minimo la perdita d'umidità per evaporazione facendo uso di teli protettivi o applicando antievaporanti.

9.3.7.15 Predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature, oneri vari

L'Appaltatore 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'Appaltatore, sia per quanto riguarda le rotture, i rifacimenti, le demolizioni d'opere di spettanza dell'Appaltatore stesso, 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'Appaltatore per gli eventuali oneri che dovessero derivarle dalla necessità di coordinare le rispettive attività.

9.3.7.16 Predisposizione delle armature per c.a.

Nella posa in opera delle armature metalliche entro i casseri è prescritto tassativamente l'impiego di opportuni distanziatori del tipo approvato dalla Direzione Lavori. Al fondo delle cassaforme si useranno elementi prefabbricati in fibrocemento di sezione quadrata o triangolare, scegliendo prodotti di resistenza prossima a quella del conglomerato. Lungo le pareti verticali si dovranno impiegare distanziatori ad anello in materiale plastico;

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 delle indicazioni contenute negli Eurocodici.

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'Appaltatore, con riferimento alla UNI EN 13670.1, 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'Appaltatore l'onere della posa in opera delle armature metalliche, anche in presenza d'acqua o fanghi bentonitici, nonché i collegamenti equipotenziali.

9.3.8 Calcestruzzo Reodinamico SCC

Il calcestruzzo reodinamico (autocompattante o SCC) ha la caratteristica di scorrere molto facilmente ed espellere l'aria senza richiedere vibrazione, riempiendo per gravità tutto il volume del getto.

Risulta pertanto particolarmente indicato:

- per ottenere una elevata compattezza (massa volumica) e assenza di vespai, con un'ottima facciaivista,
- per casseforme sottili e di forma complessa,
- per manufatti molto armati,
- per eseguire da una sola estremità getti di lunghezza elevata difficilmente accessibili.
- per ridurre i tempi di scarico e lavorazione.

L'adozione di calcestruzzo autocompattante richiede l'impiego di casseri dimensionati in modo da resistere alla spinta idrostatica di un battente di calcestruzzo fluido pari alla parete della cassaforma (si veda al punto 20.6.8).

Le caratteristiche del calcestruzzo reodinamico saranno le seguenti:

- dosaggio minimo di cemento non inferiore al valore previsto dalla UNI 11104,

- rapporto a/c non superiore a quello previsto dalla UNI 11104,
- filler calcareo o cenere volante, dosaggio $\geq 120 \text{ kg/m}^3$
- contenuto di fini $\geq 520 \text{ kg/m}^3$ (parti fini = cemento + componenti < 100 micron)
- rapporto in volume acqua/parti fini $0.95 \div 1.03$,
- aggregati aventi $D_{\max} \leq 20 \text{ mm}$
- superfluidificante specifico per calcestruzzo reodinamico a base di policarbossilati eteri capace di una riduzione d'acqua del 20 - 25% rispetto al calcestruzzo tal quale non additivato di pari lavorabilità, dosato al $0.8 \div 1.5 \text{ litri per } 100 \text{ kg delle parti fini}$,
- agente viscosizzante specifico, costituito tassativamente da una soluzione acquosa di macropolimeri a base di cellulosa modificata, dosaggio $0.8 \div 1.5 \text{ litri per } 100 \text{ kg delle parti fini}$,
- mantenimento della lavorabilità del calcestruzzo per almeno 60 minuti anche a $T = 25^\circ\text{C}$ con riduzione massima di 5 cm del valore ottenuto con lo slump-flow test.
- slump-flow test secondo UNI 11041, tra 600 e 700 mm,
- V-funnel test, UNI 11042, tra 8 e 12 s,
- Ubox $\leq 30 \text{ mm}$ (prova da eseguire secondo UNI 11044 almeno in fase di qualifica della miscela).

9.3.9 Calcestruzzi leggeri

Possono essere utilizzati calcestruzzi leggeri strutturali, per parti di strutture in cemento armato, e calcestruzzi leggeri non strutturali per riempimenti di cavità e facilmente rimovibili.

9.3.9.1 Calcestruzzo leggero strutturale

Ove richiesto in Progetto, si farà uso di conglomerato cementizio leggero a struttura chiusa ottenuto sostituendo tutto o in parte l'inerte ordinario con aggregato leggero artificiale, costituito da argilla o scisti espansi. Questo calcestruzzo sarà caratterizzato da una classe di massa volumica a 28 d secondo la Tabella 20.K.

Tabella 20.K Classi di massa volumica del calcestruzzo leggero strutturale

| Classe di massa volumica | D1,4 | D1,6 | D1,8 | D2,0 |
|--|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Intervallo di massa volumica, kg/m^3 | $>1200 \text{ e}$ ≤ 1400 | $\geq 1400 \text{ e}$ ≤ 1600 | $\geq 1600 \text{ e}$ ≤ 1800 | $\geq 1800 \text{ e}$ ≤ 2000 |

La resistenza caratteristica a compressione a 28d deve risultare non inferiore a 15 N/mm^2 e minore di 25 N/mm^2 (tipo designato LC2) ovvero uguale o maggiore di 25 N/mm^2 (tipo designato LC3). La resistenza verrà controllata con la stessa procedura prevista per il calcestruzzo di massa volumica normale.

Anche per questo conglomerato devono essere soddisfatte le prescrizioni relative alla durabilità, in particolare per quanto concerne il rapporto acqua/cemento ed il dosaggio di cemento.

In caso di pompaggio è necessario prevedere una presaturazione dell'aggregato allo scopo di prevenire assorbimento sotto pressione dell'acqua di impasto.

L'additivo fluidificante impiegato e la composizione della miscela permetteranno di ottenere un calcestruzzo di consistenza S4 esente da fenomeni di galleggiamento dell'aggregato leggero. Questa caratteristica verrà controllata preparando provini alti almeno 20 cm, da rompere alla brasiliana, in modo da poter verificare l'omogeneità dell'aggregato alle varie altezze.

9.3.9.2 Calcestruzzo leggero non strutturale e cellulare

Questi tipi di conglomerato cementizio, da utilizzare per riempimenti di scavi facilmente rimovibili, strati di coibentazione, ecc.. aventi massa volumica a secco da 300 a 1000 kg/m^3 , resistenza a

compressione da 1 a 10 N/mm² e conducibilità termica massima da 0.085 a 0.15 kcal/mh°C, verranno ottenuti mediante agenti schiumogeni e dosaggi di cemento di almeno 330 kg/m³, di cemento tipo 32.5 o 42.5. Il materiale dovrà avere una resistenza minima di 1 N/mm², e una stabilità ed omogeneità del contenuto d'aria, dal punto di miscelazione fino alla posa in opera.

In funzione dei requisiti fissati dal progettista, si dovranno eseguire prove di qualifica della miscela.

Il calcestruzzo dovrà essere prodotto con attrezzatura automatica dotata di sistema computerizzato per la regolazione della miscelazione e della produzione.

In alternativa il calcestruzzo leggero non strutturale si otterrà impiegando come aggregato sferette di polistirolo espanso.

9.3.10 Calcestruzzo ad alta resistenza

Ove il progettista abbia previsto l'impiego di conglomerato avente classe di resistenza alta ($55 < R_{ck} \leq 85$ MPa), si dovrà fare riferimento alle Linee Guida del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, sia per quanto concerne il calcestruzzo strutturale (fino a 75 MPa) che sul calcestruzzo Strutturale ad alta Resistenza (da 75 a 85 MPa).

Oltre alla documentazione di prequalifica l'Appaltatore dovrà sottoporre all'approvazione della Direzione dei lavori uno studio preliminare nel quale venga dettagliatamente descritta la metodologia di mix-design utilizzata e i criteri di scelta dei vari materiali.

La produzione dovrà effettuarsi solo dopo che la resistenza caratteristica e tutte le caratteristiche chimiche, meccaniche e fisiche che influiscono sulla resistenza e durabilità del calcestruzzo siano state accertate.

La produzione deve seguire specifiche procedure per il controllo di qualità.

9.3.11 Elementi prefabbricati

L'impiego di manufatti totalmente o parzialmente prefabbricati richiede la preventiva autorizzazione della Direzione Lavori che potrà essere rilasciata solo dopo aver esaminato la documentazione prevista dall'art. 9 della Legge 1086 (predisposta dall'Appaltatore) e verificato la previsione d'utilizzo del manufatto prefabbricato e del suo organico inserimento nel Progetto.

9.3.11.1 Prefabbricati prodotti in stabilimento

Gli elementi costruttivi prefabbricati devono essere prodotti attraverso un processo industrializzato, avvalendosi di idonei impianti, nonché di strutture e tecniche opportunamente organizzate.

In particolare deve essere presente ed operante un sistema permanente di controllo della produzione in stabilimento, che deve assicurare il mantenimento di un adeguato livello di affidabilità nella produzione del conglomerato cementizio, nell'impiego dei singoli materiali costituenti e nella conformità del prodotto finito.

Il produttore dovrà operare predisponendo un sistema di gestione della qualità del prodotto secondo le norme UNI 9001, certificato da parte di un organismo terzo indipendente.

È ammesso l'impiego di prefabbricati realizzati con calcestruzzo fibrorinforzato. Il produttore dovrà sottoporre all'approvazione del direttore dei lavori un dossier di qualifica in cui venga descritto il processo produttivo e dettagliate le caratteristiche del calcestruzzo e dei materiali impiegati. Dovrà inoltre consegnare una campionatura che costituirà il riferimento per la qualità della facciavista dei manufatti.

Il Direttore dei Lavori dovrà provvedere, con la frequenza che riterrà opportuna, ad eseguire controlli sui prodotti consegnati, in particolare in merito alla documentazione di stabilimento e al rispetto del coprifero e della facciavista.

Sarà facoltà del Direttore dei lavori provvedere direttamente all'esecuzione di controlli sulla resistenza del calcestruzzo usato in produzione, con le stesse modalità previste per i controlli di accettazione. Inoltre potranno essere eseguite a campione prove di resistenza del calcestruzzo nel manufatto, mediante carotaggio, come previsto al punto 20.5.2.

9.3.11.2 Produzione di prefabbricati a pié d'opera

Gli elementi costruttivi prefabbricati devono essere prodotti attraverso un processo industrializzato, avvalendosi di idonei impianti, nonché di strutture e tecniche opportunamente organizzate.

In particolare deve essere presente ed operante un sistema permanente di controllo della produzione in stabilimento, che deve assicurare il mantenimento di un adeguato livello di affidabilità nella produzione del conglomerato cementizio, nell'impiego dei singoli materiali costituenti e nella conformità del prodotto finito.

Il produttore dovrà operare predisponendo un sistema di gestione della qualità del prodotto secondo le norme UNI 9001, certificato da parte di un organismo terzo indipendente.

Il Direttore dei lavori dovrà verificare l'applicazione delle prescrizioni precedenti.

Dovrà essere controllata la conformità delle casseforme alle specifiche di Progetto ed alle relative tolleranze.

Si dovranno effettuare controlli nella conformità alle specifiche di Progetto relativamente a:

- tipo tracciato e sezione di ogni cavo,
- dispositivi speciali come: ancoraggi, manicotti di ripresa e altri,
- posizione numero dei tubi di sfialto per le guaine,
- identificazione e certificazione del lotto e provenienza dei cavi.

La messa in tensione delle armature dovrà avvenire mediante apparecchiature qualificate, seguendo una procedura approvata dalla Direzione dei Lavori. Si dovranno registrare i tassi di precompressione e gli allungamenti totali o parziali di ogni cavo.

9.3.12 Acciaio d'armatura per c.a.

Prescrizioni generali.

E' ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili ad aderenza migliorata qualificati e controllati con le modalità previste dal D.M. in vigore (D.M. 14/01/2008) e dalle norme armonizzate per i materiali da costruzione EN 10080.

L'acciaio per c.a. laminato a caldo, denominato B450C, dovrà rispettare i requisiti minimi sulle caratteristiche meccaniche previste nella tabella seguente:

| | | Classe C | Requisito o frattile (%) |
|---|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} o $f_{0.2k}$ (MPa) | | ≥ 450 | 5.0 |
| Tensione caratteristica di rottura F_{tk} (MPa) | | ≥ 540 | 5.0 |
| Valore minimo di $k = (f_t/f_{yk})$ | | ≥ 1.15 < 1.35 | 10.0 |
| Deformazione caratteristica al carico massimo, ϵ_{uk} (%) | | ≥ 7.5 | 10.0 |
| Attitudine al piegamento | | Prova di piegamento/raddrizzamento | |
| Tolleranza massima dalla massa nominale (%) | Diametro nominale della barra (mm) | ± 6.0 ± 4.5 | 5.0 |
| ≤ 8 | | | |
| > 8 | | | |

L'acciaio per c.a. trafiletato a freddo, denominato B450A, dovrà rispettare i requisiti sulle caratteristiche meccaniche previste nella tabella seguente:

| | Classe A | Requisito o frattile (%) |
|--|--|---------------------------------|
| Tensione caratteristica di snervamento f_{vk} o $f_{0.2k}$ (MPa) | ≥450 | 5.0 |
| Tensione caratteristica di rottura F_{tk} (MPa) | ≥540 | 5.0 |
| Valore minimo di $k = (f_t/f_{yk})$ (*) | > 1.05 | 10.0 |
| Deformazione caratteristica al carico massimo, ϵ_{uk} (%) (*) | ≥ 2.5 | 10.0 |
| Attitudine al piegamento | Prova di piegamento/raddrizzamento | |
| Tolleranza massima dalla massa nominale (%) | Diametro nominale della barra (mm) ≤ 8 ≥ 8 | ±6.0 ±4.5 |
| | | 5.0 |

Reti in barre di acciaio elettrosaldate

Le reti saranno realizzate con acciaio in barre ad aderenza migliorata saldabili del tipo previsto per l'acciaio per c.a., di diametro compreso fra 5 e 12 mm, con distanza assiale non superiore a 330 mm.

I nodi (incroci) delle reti devono resistere ad una forza di distacco determinata in accordo con la UNI EN ISO 15630–2 e pari al 30% della forza di snervamento della barra, da computarsi per quella di diametro maggiore.

La qualificazione e la marcatura del prodotto finito dovrà essere conforme a quanto previsto dal D.M. in vigore ((D.M. 14/01/2008)e dalle norme armonizzate di riferimento (EN 10080).

a) *Approvvigionamento dell'acciaio in barre*

Per gli opportuni controlli da parte della D.L., la Ditta dovrà dichiarare, per ogni partita di acciaio in barre che entra in cantiere, la provenienza e la qualità del materiale stesso, nonché il peso complessivo della partita e quello dei tondini di uno stesso diametro.

Per partita si intenderà il quantitativo di materiale che, pervenendo da un'unica ferriera o da un unico fornitore nello stesso giorno o in un limitato numero di giorni, può essere considerato come unica fornitura omogenea, sia per tipo che per caratteristiche fisiche dei trafiletti.

b) *Controllo del peso e della sezione*

Da ogni partita, per il controllo del peso effettivo, saranno prelevate delle barre campione. Qualora risultassero sezioni effettive inferiori a quelle ammesse dalle tolleranze previste dalle norme in vigore, il materiale verrà rifiutato e subito allontanato dal cantiere.

Qualora il peso effettivo risultasse inferiore al 98% di quello teorico e fosse ammissibile in base alle tolleranze ed alle normative in vigore, dovranno essere aggiunte (previe opportune modifiche ai disegni di progetto ed informazione alla D.L.) barre in quantità sufficiente a realizzare una sezione di acciaio non inferiore a quella prevista dal progetto esecutivo originariamente approvato.

c) *Giunzioni*

Eventuali giunzioni, quando non siano evitabili, dovranno essere realizzate (con saldature, con manicotti filettati o con sovrapposizioni) nel rispetto della normativa vigente.

Nel caso di impiego di manicotti, la Ditta dovrà presentare le schede tecniche dei materiali che intende utilizzare informando preventivamente la D.L..

L'impiego di saldature sarà di norma consentito soltanto per barre di acciaio tipo B450C secondo UNI 11229. Le modalità di saldatura dovranno essere comunicate tempestivamente dalla Ditta alla D.L., e dovranno essere supportate con l'esito di alcune prove sperimentali.

Nel corso dei lavori, comunque, la D.L. avrà la facoltà di richiedere l'esercizio di ulteriori prove di controllo sulle saldature eseguite.

d) Posizionamento delle armature per c.a.

Nella posa in opera delle armature metalliche entro i casseri è prescritto tassativamente l'impiego di opportuni distanziatori prefabbricati in conglomerato cementizio o in materiale plastico.

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

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

9.3.13 Caratteristiche estetiche

Il colore superficiale è determinato dalla sottile pellicola di malta che si forma nel getto a contatto con la cassaforma e pertanto per garantirne l'uniformità, per ogni singola opera, il cemento dovrà provenire dallo stesso cementificio ed essere sempre della stessa qualità, così pure la sabbia dovrà provenire dalla stessa cava ed avere granulometria e composizione costante.

Le opere o i componenti delle opere che dovranno avere lo stesso aspetto superficiale, dovranno ricevere lo stesso trattamento di stagionatura.

In particolare si dovrà curare che l'essiccazione della massa del conglomerato cementizio sia lenta ed uniforme.

Si dovranno evitare le condizioni per le quali si possa verificare la formazione di efflorescenze sul conglomerato cementizio, e, qualora queste si formino, sarà facoltà della D.L. chiedere che esse vengano eliminate a cura della Ditta.

Le superfici finite e curate come indicato ai punti precedenti dovranno essere adeguatamente protette se le condizioni ambientali e di lavoro saranno tali da poter essere causa di danno in qualsiasi modo per le superfici stesse.

Si dovrà evitare che vengano prodotte sulla superficie finita scaliture, macchie o altro che ne pregiudichino la durabilità o l'estetica.

Si dovranno evitare inoltre macchie di ruggine dovute alla presenza di ferri di ripresa; in tali casi occorrerà prendere i dovuti provvedimenti evitando che l'acqua piovana scorra sui ferri e successivamente sulle superficie finite del getto.

Qualsiasi danno o difetto della superficie finita del conglomerato cementizio dovrà essere eliminato a cura della Ditta con i provvedimenti che la D.L. riterrà più idonei.

9.3.14 *Magroni e malte*

9.3.14.1 Magroni

Prima di effettuare qualsiasi getto di calcestruzzo di fondazione, dovrà essere predisposto sul fondo dello scavo, dopo aver eseguito la pulizia ed il costipamento dello stesso secondo le modalità previste dal presente Capitolato, uno strato di calcestruzzo magro avente la funzione di piano di appoggio livellato e di cuscinetto isolante contro l'azione aggressiva del terreno.

Lo spessore dello strato sarà desunto dai documenti di progetto.

9.3.14.2 Malta di livellamento

Sono malte confezionate con sabbia di granulometria appropriata, acqua e cemento nelle dovute proporzioni ed utilizzate per la formazione di piani di appoggio con le tolleranze richieste dal progetto.

Le dimensioni degli inerti (sabbia) saranno di norma tra 0.8 e 2.0 mm. La composizione della malta, in assenza di diversa indicazione, sarà di 1 m³ di inerte per 0.5 m³ di cemento Portland normale. La quantità di acqua sarà quella necessaria per ottenere una malta plastica idonea a riempire perfettamente le tasche per bulloni e/o inserti e gli spazi tra il calcestruzzo e le piastre.

Prima di effettuare la posa in opera della malta di livellamento, le superfici dovranno essere accuratamente pulite.

9.3.14.3 Malte speciali per inghisaggi

Le malte di livellamento speciali sono quelle malte ottenute con l'aggiunta di acqua a componenti premiscelati ottenendo così delle malte a ritiro compensato ed elevato grado di fluidità da utilizzare per inghisaggi di strutture, o altri elementi da congiungere, evitando il ritiro della malta e l'eventuale microdistacco dalle parti da fissare.

Il prodotto premiscelato, la cui granulometria sarà adeguata agli spessori delle malte sarà addizionato con acqua nelle proporzioni indicate dal Fornitore e comunicate alla D.L.. Tali prodotti dovranno essere conformi alle norme UNI dalla 8993/87 alla 8998/87. Schede Tecniche dei prodotti che la Ditta intende utilizzare dovranno essere inviate per informazione alla D.L. prima dell'inizio dei lavori stessi.

Qualora richiesto dalla D.L., le malte saranno sottoposte al controllo della resistenza meccanica da eseguirsi su provini prismatici 40 mm. x 40 mm. x 160 mm come previsto dal D.M. 3.6.1968, alle stagionature di 1, 3, 7, 28 e 90 giorni.

9.4 FANGHI BENTONITICI

9.4.1 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.).

9.4.2 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 cm ³ della sospensione al 6% in 30 min alla pressione di 0,7 MPa: | < 18 cm ³ |
| 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%, salvo 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.

9.4.3 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.

9.4.4 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.

9.5 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

1. Le prove di carico prescritte dalle specifiche contrattuali, dai documenti di progetto ad eventualmente richieste dalla D.L., così come quelle previste dalle leggi vigenti, saranno eseguite a cura e spese della Ditta.
2. Nella esecuzione dei lavori la Ditta dovrà fornire la manodopera, le attrezzature, le opere provvisionali, i ponteggi in quantità e tipologia adeguate alla esecuzione dei lavori, così come l'utilizzo dei materiali e gli eventuali additivi per conglomerati cementizi necessari per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.
3. Sarà cura della Ditta eseguire o far eseguire tutte le prove ed i controlli di qualità che la D.L. riterrà necessarie in base a motivate esigenze tecniche ad assicurare la rispondenza del lavoro eseguito alle specifiche ed agli standards qualitativi prefissati.

4. Nel caso di getti da eseguire in presenza d'acqua sarà cura della Ditta provvedere con i mezzi più adeguati all'aggottamento o alla deviazione della stessa o, in alternativa, sarà sua cura adottare gli accorgimenti necessari, previa informazione alla D.L., per l'esecuzione dei getti.
5. Sarà cura della Ditta, provvedere alla fornitura ed al trasporto dei materiali da approvvigionare in cava, in aggiunta a quelli provenienti dagli scavi. La ricerca ed il reperimento delle cave dovranno essere basati su una accurata valutazione temporale e quantitativa dei materiali necessari.
6. Per quelle opere che, per effetto di operazioni successive, possano rendersi inaccessibili o comunque non ispezionabili, la Ditta dovrà sempre dare la prescritta informazione alla D.L. prima di procedere con le fasi successive; nel caso in cui la Ditta non ottemperasse a quanto sopra la D.L. potrà richiedere di mettere a nudo le parti occultate o di rendere comunque accessibile le opere non ispezionate. Le prestazioni necessarie per quanto sopra dovranno essere eseguite a cura e spese della Ditta.

9.6 CONTROLLI DI QUALITÀ

Si definiscono di seguito le varie successioni dei controlli da eseguirsi sul conglomerato cementizio e sui suoi singoli componenti.

- a) *Studio preliminare di "qualificazione":*

include le prove, gli studi, le certificazioni e le valutazioni da effettuarsi prima dell'inizio delle opere per l'approvazione da parte della D.L. del "MIX DESIGN del conglomerato cementizio" come descritto nel progetto esecutivo.

- b) *Controlli di "conformità" in corso d'opera:*

comprendono i controlli da eseguirsi per verificare la conformità del conglomerato cementizio e dei suoi singoli componenti ai requisiti di progetto. Sono inclusi tra tali controlli anche quelli definiti "di accettazione" relativi alle resistenze meccaniche, specificate dalle "Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge n.1086 del 05/11/1971.

9.6.1 Qualificazione

Almeno 45 giorni prima dell'inizio dei lavori, la Ditta dovrà ultimare la qualificazione degli impasti e dei relativi materiali per tutti i tipi e le classi di conglomerato cementizio richiesto.

La Ditta è tenuta a produrre la documentazione comprovante la conformità degli impasti e dei singoli componenti alle prescrizioni e norme riportate nel presente documento.

In particolare alla relazione di qualificazione dovrà essere allegata la suddetta documentazione e dovrà essere fatto esplicito riferimento a:

- i materiali che si intendono utilizzare indicando provenienza, tipo e qualità dei medesimi;
- conformità dei materiali costituenti la miscela d'impasto a quanto prescritto nel precedente punto;
- massa volumica reale s.s.a., massa volumica reale ed apparente ed assorbimento, per ogni classe di inerti, secondo UNI 7549/76 parti 4a - 6a;
- studio granulometrico per ogni tipo e classe di conglomerato cementizio;
- tipo e dosaggio del cemento;
- rapporto acqua-cemento;
- tipo e dosaggio degli eventuali additivi;
- proporzionamento analitico della miscela e resa volumetrica;

- valore della consistenza misurata con il Cono di Abrams;
- risultati delle prove preliminari di resistenza e compressione e curve di resistenza nel tempo;
- curve di resistenza in funzione dei valori di slump e del rapporto a/c;
- preparazione di provini per la determinazione delle caratteristiche di durabilità del conglomerato cementizio;
- caratteristiche dell'impianto di confezionamento;
- sistemi di trasporto, di getto e di maturazione.

Solamente dopo l'esame e l'approvazione di detta documentazione da parte della D.L., e dopo aver effettuato impasti di prova del conglomerato cementizio, l'inizio dei getti potrà avere luogo.

L'approvazione delle proporzioni delle miscele da parte della D.L. non solleverà, in nessun modo, la Ditta dalle sue responsabilità in base alle norme vigenti.

I materiali costituenti gli impasti di prova saranno sottoposti ai controlli già descritti in precedenza e comunque di seguito riassunti:

Cemento:

- prove previste dalla Legge 595/65 e dal D.M.03/06/1968, nonchè prove chimiche.

Sabbie:

- modulo di finezza;
- contenuto di passante a 0,075 mm;
- contenuto di argilla;
- contenuto di particelle leggere e vegetali;
- contenuto di solfati;
- contenuto di cloruri solubili;
- contenuti di sostanze organiche;
- equivalente in sabbia;
- curva granulometrica.

Inerti grossi:

- esame petrografico;
- contenuto di passante a 0,075 mm;
- contenuto di argilla;
- contenuto di particelle leggere e vegetali;
- degradabilità agli attacchi di soluzioni solfatiche;
- contenuto di solfati;
- contenuto di cloruri solubili;
- massa volumica ed assorbimento;
- resistenza a compressione semplice;
- coefficiente di forma ed appiattimento;
- perdita di massa per urto e rotolamento;
- resistenza ai cicli di gelo-disgelo;

- potenziale reattività in presenza di alcali;
- curva granulometrica.

Additivi:

- effetto fluidificante a riduzione d'acqua;
- mantenimento della lavorabilità;
- effetto ritardante o accelerante;
- aria inglobata;
- indice di efficienza DOT per gli antievaporanti.

Acqua di impasto:

- contenuto di solfati;
- contenuto di cloruri;
- contenuto di acido solfidrico;
- contenuto totale di sali minerali;
- contenuto di sostanze organiche;
- contenuto di sostanze solide sospese.

Conglomerato cementizio fresco:

- determinazione abbassamento al cono;
- determinazione acqua essudata;
- dosaggio del cemento;
- contenuto totale di cloruri;
- massa volumica;
- omogeneità.

Conglomerato cementizio indurito:

- determinazione resistenza caratteristica a compressione;
- massa volumica;
- determinazione della durabilità relativamente ai conglomerati cementizi sottoposti a gelo-disgelo o ad attacco chimico.

Tale qualificazione dovrà essere ripetuta, con le medesime modalità, ogni qualvolta venissero a modificarsi sensibilmente le caratteristiche fisico-chimiche di uno dei componenti del conglomerato cementizio ed ovviamente ogni qualvolta vengono variate le fonti di approvvigionamento.

9.6.2 Controlli in corso d'opera

a) *Controlli generali*

La D.L. eseguirà controlli di conformità periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza tra le caratteristiche dei materiali e degli impasti impiegati e quelle definite in sede di qualifica secondo quanto specificato.

Il controllo di accettazione dovrà avvenire secondo quanto specificato dalle "Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art.21 della legge n.1086 del 05/11/1971", per quanto riguarda le resistenze meccaniche.

La Ditta è tenuto a presentare, con cadenza settimanale, alla D.L. il dettagliato programma dei getti indicando il luogo, l'opera, la classe di resistenza, i m³ di conglomerato cementizio e l'impianto di confezionamento previsti.

Eventuali modifiche al programma dovranno essere comunicate con almeno 24 ore di anticipo.

Se i risultati delle prove eseguite sui conglomerati cementizi o sui loro componenti non saranno conformi a quanto indicato nei calcoli statici, nei disegni e nelle presenti prescrizioni, sia per quanto riguarda la resistenza meccanica che la durabilità, la Ditta dovrà demolire e ricostruire totalmente l'opera, oppure, a discrezione della D.L., sarà tenuto ad eseguire i lavori di adeguamento dallo stesso proposti e preventivamente approvati dalla D.L. stessa.

Sul conglomerato cementizio indurito la D.L. potrà disporre l'esecuzione di prove e controlli mediante prelievo di carote e/o altri sistemi anche non distruttivi, quali sclerometro, ultrasuoni, misure di resistività ecc.

Per le opere principali, quali:

- travi ed elementi in c.a.p. in genere
- impalcati
- pile e relative fondazioni
- spalle e relative fondazioni
- opere di sostegno
- gallerie
- pali e paratie

è richiesto il controllo di accettazione di tipo A secondo il D.M. del 14/01/2008.

Il controllo qualità sugli acciai dovrà essere in accordo alle prescrizioni del D.M. del 14/01/2008.

La Ditta dovrà tenere a disposizione della D.L. una copia completa delle documentazioni relative alle opere soggette a collaudo, e precisamente:

- Certificati di prove sui materiali, sia in stabilimento di produzione che in cantiere;
- Verbali di prove eseguite in cantiere e/o presso i fornitori;
- Copia dei disegni aggiornati con eventuali modifiche apportate in corso d'opera;
- Verbali e/o registri prove di laboratorio sui provini in cemento armato, sui provini in acciaio, sugli inerti e sui cementi;
- Registri dei getti;
- Giornale dei lavori.

b) Controlli in caso di calcestruzzi che abbiano resistenze inferiori a quelle di progetto

Le prove di accettazione sui manufatti potranno dare risultati non conformi ai valori indicati nel progetto, nel presente capitolato, nelle specifiche di esecuzione o nella specifica di controllo qualità.

In questo caso, prima di stabilire la non accettabilità, e quindi la demolizione e il rifacimento, possono essere effettuati ulteriori controlli, a discrezione della D.L..

In ogni caso, quando la resistenza del conglomerato, dalle prove effettuate risulti inferiore a quelle di progetto, o a quelle prescritte nel presente Capitolato, dovranno essere eseguiti dei carotaggi.

La frequenza di questi carotaggi e le modalità di preparazione e prove dei provini, ricavati dalle carote, sarà indicata dalla D.L..

c) Controlli particolari

Controlli particolari potranno essere eseguiti ogni qualvolta la D.L. ne ravvisasse la necessità.

d) Controllo e certificazione ferro d'armatura

Per l'acciaio controllato in stabilimento, la Ditta dovrà esibire la documentazione prescritta dalle norme in vigore, che certifichi gli avvenuti controlli e porre la D.L. in grado di accettare la presenza di contrassegni di riconoscimento. Resta salva la facoltà della D.L. di disporre eventuali ulteriori controlli a proprio insindacabile giudizio ed a spese della Ditta.

9.7 PROVE DI CARICO

Le prove di carico (collaudo statico) dovranno essere eseguite in accordo alle normative vigenti ed alle indicazioni del Collaudatore e della D.L..

L'effettuazione delle prove dovrà essere programmata, con adeguato anticipo, con la D.L. Sarà cura della Ditta verificare e fare in modo che al momento del collaudo risulti disponibile tutta la certificazione prevista dalle norme vigenti.

Prima della effettuazione delle prove la Ditta dovrà concordare con la D.L. la quantità ed il tipo delle apparecchiature, degli strumenti e dei materiali da utilizzare, garantendo la operabilità e la precisione richiesta e facendo eseguire le tarature eventualmente necessarie.

Sarà cura della Ditta assicurare, nel rispetto delle norme di sicurezza, la completa accessibilità sia alle opere da collaudare che agli strumenti di misura.

10 PALI

Si definiscono pali, i pali trivellati aventi diametro superiore a 250 mm costituiti da malte e miscela cementizia e da idonee armature d'acciaio.

I pali previsti nel progetto esecutivo sono trivellati ed a semplice cementazione. Gli stessi saranno realizzati inserendo entro una perforazione di diametro 500 mm un'armatura metallica costituita da una gabbia di tondini del tipo FeB 44k, e solidarizzati mediante il getto di calcestruzzo con $R'ck \geq 30$ MPa.

La cementazione dovrà avvenire a bassa pressione mediante un circuito a tenuta facente capo ad un dispositivo posto a bocca foro.

Durante la perforazione la stabilità dello scavo sarà ottenuta se ritenuto necessario dalla D.L. con l'ausilio di fanghi bentonitici o altri fluidi stabilizzanti, ovvero tramite l'infissione di un rivestimento metallico provvisorio.

10.1 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

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

- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 14/01/2008
- Raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana sui pali di fondazione, Dic. 1984
- D.M. del Ministero dei lavori Pubblici del 11/3/1988 "Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Circolare LL PP N° 30483 del 24/09/1988 "Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Altre norme UNI-CNR, ASTM, DIN, saranno specificate ove pertinenti.

10.2 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

10.2.1 *Soggezioni geotecniche ed ambientali*

Le tecniche di perforazione dovranno essere le più idonee in relazione alla natura del terreno attraversato. In particolare dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad evitare il franamento delle pareti del foro, la contaminazione delle armature, l'interruzione e/o l'inglobamento di terreno nella guaina cementizia che solidarizza l'armatura al terreno circostante.

Di norma le perforazioni saranno quindi eseguite in presenza di rivestimento, con circolazione di fluidi di perforazione per l'allontanamento dei detriti e per il raffreddamento dell'utensile.

I fluidi di perforazione potranno consistere in:

- acqua
- fanghi bentonitici
- schiuma

- aria, nel caso di perforazione a rotopercussione con martello a fondo foro, o in altri casi approvati dalla D.L..

Previa comunicazione alla D.L. potrà essere adottato la perforazione senza rivestimenti, con impiego di fanghi bentonitici.

La perforazione "a secco", senza rivestimento non è di norma ammessa; potrà essere adottata, previa comunicazione alla D.L., solo in terreni uniformemente argillosi, caratterizzati da valori della coesione non drenata c_u che alla generica profondità di scavo H soddisfino la seguente condizione:

$$c_u \geq Y \times H/3$$

dove:

Y = peso di volume totale.

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

La perforazione a rotazione a secco, o con impiego di aria è invece raccomandata in terreni argillosi sovraconsolidati.

Nel caso di impiego della roto-percussione, sia mediante martello a fondo foro che mediante dispositivi di battuta applicati alla testa di rotazione (tipo Sistema KLEMM), la Ditta dovrà assicurare il rispetto delle norme DIN 4150 (parti I e II, 1975; parte IV, 1986), in merito ai limiti delle vibrazioni.

In caso contrario per modalità di impiego della roto-percussione ed i necessari provvedimenti dovranno essere comunicati alla D.L..

La D.L., a sua discrezione, potrà richiedere alla Ditta di eseguire misure di controllo delle vibrazioni indotte, con oneri e spese a carico della medesima.

10.2.2 Prove tecnologiche preliminari

La tipologia delle attrezzature ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere comunicati dalla Ditta alla D.L..

Se richiesto dalla D.L., in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera, l'idoneità di tali attrezzature e delle modalità di esecuzione sarà verificata mediante l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari.

10.2.3 Tolleranze

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

- coordinate planimetriche del centro del palo : ± 1 cm
- scostamento dell'inclinazione dall'asse teorico : ± 2 %
- lunghezza : ± 10 cm
- diametro finito : ± 5 %
- quota testa palo : ± 2 cm.

10.2.4 Materiali

a) Acciaio

Gli acciai d'armatura ordinari dovranno essere in accordo alla legge 1086/71 e alle Norme Tecniche D.M. 16.01.2008. Gli acciai d'armatura ordinaria dovranno essere di tipo B450C.

b) Cementi

Il cemento da impiegare dovrà essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali considerando, in particolare, l'aggressività dell'ambiente esterno. Saranno ammessi cementi *portland* classificati secondo le norme ASTM come tipo III, IV o V.

c) Inerti

Gli inerti impiegati per il confezionamento del conglomerato cementizio potranno provenire da vagliatura e trattamento dei materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava e dovranno essere conformi alla norma UNI 8520/86 parte 2^a.

Si dovranno, altresì, adottare particolari cautele nell'utilizzare inerti esposti a rischio di reagire chimicamente con gli alcali contenuti nel cemento.

Si dovrà dare tempestiva comunicazione alla D.L. in merito agli accorgimenti necessari ad escludere tali fenomeni.

Sia le sabbie che gli inerti grossi dovranno avere una massa volumica reale non inferiore a 2,6 gr/cmc.

Tutte le caratteristiche degli inerti, di cui alla citata norma UNI 8520/86 parte 2^a, dovranno essere verificate con le frequenze indicate dalla D.L..

d) Acqua di impasto

Si utilizzerà acqua chiara di cantiere, dolce, le cui caratteristiche chimico-fisiche dovranno soddisfare i requisiti di cui alla specifica delle presenti Norme Tecniche.

e) Additivi

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

f) Preparazione del calcestruzzo**f.1) Caratteristiche di resistenza**

La resistenza cubica da ottenere per il calcestruzzo deve essere:

$$R'ck \geq 30 \text{ MPa}$$

A questo scopo si prescrive che il dosaggio in peso dei componenti sia tale da soddisfare un rapporto acqua/cemento:

$$a/c \leq 0.45$$

La fluidità al cono di Marsh sarà minore di 30“ con un ugello da 8 mm.

f.2) Controlli sui calcestruzzi

La tipologia e la frequenza dei controlli da eseguire sarà indicata dalla D.L..

10.2.5 Modalità esecutive**a) Perforazione**

Nella conduzione della perforazione ci si atterrà alle prescrizioni di cui i punti precedenti.

b) Allestimento del palo

Completata la perforazione e rimossi i detriti, in accordo alle prescrizioni, si provvederà ad inserire entro il foro l'armatura, che dovrà essere conforme ai disegni di progetto.

c) Posa in opera delle armature

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 coprifero netto minimo di 5 cm.

Si richiede l'adozione di rotelle cilindriche in conglomerato cementizio con perno in tondino fissato ai ferri verticali contigui.

I centratori saranno posti a gruppi di 3-4 regolarmente distribuiti sul perimetro 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 la circonferenza che ne unisce i centri, non dovrà in alcun caso essere inferiore a 7,5 cm con aggregati non inferiori ai 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.

La posa della gabbia all'interno del tubo forma potrà aver luogo solo dopo aver accertato l'assenza dell'acqua e/o terreno all'interno dello stesso.

Qualora all'interno del tuboforma si dovesse riscontrare la presenza di terreno soffice o di infiltrazioni di acqua, la costruzione del palo dovrà essere interrotta previo riempimento con conglomerato cementizio magro; tale palo sarà successivamente sostituito, a spese dell'Impresa, da uno o due pali supplementari, sentito il Progettista.

L'Impresa esecutrice dovrà inoltre adottare gli opportuni provvedimenti atti a ridurre la deformazione della gabbia durante l'esecuzione del fusto; a getto terminato si dovrà comunque registrare la variazione della quota della testa dei ferri di armatura.

d) Cementazione

Il foro dovrà essere interamente rivestito; la posa della malta avverrà in un primo momento, entro il rivestimento provvisorio, tramite un tubo di convogliamento. Successivamente si applicherà al rivestimento una idonea testa a tenuta alla quale si invierà aria in pressione (0.5÷0.6 MPa) mentre si solleverà gradualmente il rivestimento fino alla sua prima giunzione. Si smonterà allora la sezione superiore del rivestimento e si applicherà la testa di pressione al tratto residuo di rivestimento, previo rabboccamento dall'alto per riportare a livello la malta.

Si procederà analogamente per le sezioni successive fino a completare l'estrazione del rivestimento.

In relazione alla natura del terreno potrà essere sconsigliabile applicare la pressione d'aria agli ultimi 5-6 m di rivestimento da estrarre, per evitare la fratturazione idraulica degli strati superficiali.

e) Controlli e documentazione

Per ogni palo eseguito la Ditta dovrà fornire una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- n. del palo e data di esecuzione (con riferimento alla planimetria di progetto)
- lunghezza della perforazione
- modalità di esecuzione della perforazione:
 - utensile

- fluido
- rivestimenti
- caratteristiche dell'armatura
- volume della malta
- caratteristiche della malta.

10.3 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

- a) Prima di dare inizio ai lavori la Ditta dovrà presentare alla D.L. una planimetria riportante la posizione di tutti i pali, inclusi quelli di prova, contrassegnati da un numero progressivo indicativo di ciascun palo.
- b) Sarà cura della Ditta provvedere alle indagini necessarie ad accertare la eventuale presenza di manufatti interrati di qualsiasi natura (cunicoli, tubazioni, cavi, etc.) che possono interferire con i pali da realizzare o che possano essere danneggiati o comunque arrecare danno durante l'effettuazione dei lavori. Tali indagini e le eventuali rimozioni e modifiche da eseguire dovranno in ogni caso essere effettuate prima dell'inizio delle operazioni di infissione o perforazione.
- c) Prima dell'inizio dei lavori la Ditta dovrà eseguire il tracciamento dei pali identificando la posizione sul terreno mediante infissione di appositi picchetti in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.
- d) La Ditta dovrà verificare e fare in modo che il numero, la potenza e la capacità operativa delle attrezzature siano tali da consentire una produttività congruente con i programmi di lavoro previsti. Sarà altresì cura della Ditta selezionare ed utilizzare le attrezzature più adeguate alle condizioni ambientali, stratigrafiche ed idrogeologiche dei terreni ed alle dimensioni dei pali.
- e) Nel caso in cui durante il corso dei lavori la Ditta ritenga opportuno variare le metodologie esecutive precedentemente approvate, sarà sua cura effettuare le nuove prove tecnologiche preliminari eventualmente necessarie.
- f) Sarà cura della Ditta apporre adeguati contrassegni, opportunamente spaziati, su tutti gli elementi sui quali nelle differenti fasi di lavorazione è necessario effettuare delle misurazioni per verificare la profondità d'infissione, il livello d'estrazione ed il rifiuto.
- g) Sarà cura della Ditta adottare tutti gli accorgimenti necessari ad attenuare i disturbi alle persone derivanti dalla vibrazione e dai rumori connessi con le attività di scavo. Sarà altresì cura della Ditta evitare che l'installazione dei pali arrechi danno, per effetto di vibrazione e/o spostamenti di materie, ai pali adiacenti così come ad opere e manufatti preesistenti.
- h) Sarà cura della Ditta provvedere all'immediato trasporto a rifiuto di tutti i materiali di risulta provenienti dalle perforazioni e dalle lavorazioni comunque connesse con la realizzazione dei pali.
- i) Sarà cura della Ditta far eseguire tutti i controlli e le prove (sia preliminari che in corso d'opera) prescritti dal presente Capitolato così come quelli richiesti dall'D.L., al fine la qualità e le caratteristiche previste dal progetto.
- j) Sarà cura della Ditta provvedere alla scapitozzatura delle teste di tutti i pali, fino alla quota di progetto (piano d'imposta della fondazione sovrastante), provvedendo altresì alla sistemazione e ripulitura dei ferri d'armatura. Nel caso in cui, per effetto delle lavorazioni subite, la parte superiore del palo non avesse le caratteristiche richieste, la Ditta dovrà provvedere alla estensione della scapitozzatura (per eliminare tale parte) ed alla ricostruzione, fino al piano d'imposta della fondazione sovrastante.

10.4 CONTROLLI DI QUALITÀ

Le modalità e la incidenza dei controlli di qualità da eseguire su pali e micropali sono definite dalla D.L..

10.5 PROVE DI CARICO

Nei paragrafi che seguono 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 defezioni 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.

a) *Definizioni*

Si definiscono:

- prove di collaudo le prove effettuate su pali 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 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});

b) *Normative e specifiche di riferimento*

Valgono le Norme già richiamate al punto 1.3., ed inoltre: ASTM D1143-81: "Standard Test Method for Piles under Static Axial Compressive Load", AGI - Associazione geotecnica italiana (1984) "Raccomandazioni sui pali di fondazione", AGI.

c) *Numero e ubicazione dei pali di prova*

Il numero e l'ubicazione dei pali da sottoporre a prova di carico 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.

La Ditta dovrà effettuare prove di carico assiale sull'1% dei pali, con un minimo di almeno due pali per ogni opera.

d) *Caratteristiche dei pali di prova*

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

10.5.1 *Prove di carico verticale*

a) *Scelta dei carichi di prova*

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 palo-terreno.

b) 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 di cui alle presenti norme tecniche.

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

- le armature dei pali di contrasto siano in grado di resistere ai conseguenti sforzi di trazione;
- la terna di pali sia giacente sullo stesso piano verticale o inclinato.

I risultati forniti dai pali di contrasto potranno essere utilizzati quali valori relativi a prove di carico a trazione, se i carichi effettivamente applicati sono significativi in aderenza di quanto definito nelle presenti Norme Tecniche.

c) Preparazione della prova

c.1) Preparazione dei pali da sottoporre a prova

I pali 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 palo una piastra metallica di geometria adeguata ad ospitare il martinetto e a trasferire il carico sul palo.

c.2) Realizzazione del contrasto

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 palo.

L'altezza degli appoggi dovrà essere sufficiente a consentire il posizionamento del martinetto, 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 pali posti lateralmente al palo da sottoporre a prova di compressione.

d) 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, da realizzarsi come di seguito specificato.

Gli incrementi di carico saranno pari al 25% del carico di esercizio Q fino al raggiungimento di quest'ultimo; successivamente gli incrementi saranno ridotti (ad es. 10%).

Il carico massimo di prova è pari a 1.5Q. Prima della prova vera e propria dovrà essere applicato un modesto incremento di carico al fine di controllare la concordanza fra le letture ai micrometri. Se questa non è soddisfacente, si scarica e si migliora la centratura del martinetto.

Subito dopo l'applicazione di ciascun incremento di carico le letture di carico ed abbassamento devono essere eseguite a intervalli di tempo brevi (ad es. 2, 4, 6, 10 minuti). Tali intervalli possono essere successivamente aumentati, ma non devono superare i 10 minuti nella prima mezz'ora e 20 minuti nel tempo successivo fino alla stabilizzazione dell'abbassamento. Una lettura deve essere in ogni caso effettuata prima dell'applicazione del successivo carico. Si considera stabilizzato l'abbassamento se esso risulta minore o uguale a 0.05 mm negli ultimi 15 minuti o negli ultimi 30 minuti a seconda che si tratti di un terreno prevalentemente sabbioso o argilloso.

Se gli abbassamenti non tendono a stabilizzarsi si può procedere comunque al successivo incremento di carico dopo un periodo di 2 ore, nel caso di carico, 1 ora nel caso di scarico/ricarico. Purché non vi sia stata rottura, è opportuno mantenere il carico massimo di prova per 48 ore. Se tuttavia dopo un periodo minimo di 24 ore si constata la stabilizzazione degli abbassamenti, il carico può essere rimosso (tale periodo minimo di 24 ore può essere ridotto in terreni con elevata permeabilità).

Lo scarico può avvenire in decrementi del 25% del carico massimo, mantenendo ciascun carico per l'intervallo di tempo necessario per ottenere la stabilizzazione secondo il criterio indicato, per un massimo di 1 ora. Nello scarico le letture devono essere effettuate ad intervalli di tempo non superiori a 20 minuti. È consigliabile effettuare una lettura finale 12 ore dopo che il palo è stato completamente scaricato.

e) *Documentazione delle prove*

Le misure dei cedimenti saranno registrate utilizzando moduli contenenti:

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

Le tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento costituiranno il verbale della prova.

Le date e il programma delle prove dovranno essere altresì comunicati alla D.L. 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;
- diagrammi carichi-cedimenti finali per ciascun comparatore e per il valore medio; diagrammi carichi-cedimenti (a carico costante) per ciascun comparatore e per il valore medio;
- numero di identificazione e caratteristiche nominali del palo (lunghezza, diametro);
- stratigrafia del terreno rilevata durante la perforazione (pali trivellati);
- geometria della prova (dispositivo di contrasto, travi portamicrometri, etc.);
- disposizione, caratteristiche e certificati di taratura della strumentazione;
- scheda tecnica del palo, preparata all'atto dell'esecuzione;
- relazione tecnica riportante l'elaborazione dei dati e l'interpretazione della prova medesima nonché l'individuazione del carico limite con il metodo dell'inversa pendenza.

10.5.2 Prove di carico orizzontale

Queste prove dovranno essere effettuate nel caso in cui ai pali di fondazione sia affidato il compito di trasmettere al terreno carichi orizzontali di entità significativa.

Il numero ed i pali da sottoporre a prova sarà definito dal progettista e/o concordato con la D.L.

Nella esecuzione delle prove ci si atterrà alle prescrizioni già impartite per le prove di carico assiale, salvo quanto qui di seguito specificato.

Il carico potrà esser applicato mediante opportuno martinetto orizzontale interposto tra la testa del palo e un elemento di reazione. 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.

Il sistema di applicazione del carico deve avere capacità non inferiore al carico massimo orizzontale previsto (carico di esercizio più carico dinamico massimo).

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.

Tali misure rappresentano il programma minimo da prevedere. Esse vanno comunque effettuate, anche se sono previste osservazioni in profondità. Gli spostamenti vengono rilevati mediante micrometri o strumenti ottici. La precisione delle misure di rotazione deve essere inferiore almeno dell'ordine di 1 mm/metro: ciò può ottersi con un'apparecchiatura di tipo inclinometrico.

Per la misura delle deformazioni durante la prova di carico, la D.L. indicherà i pali nei quali posizionare, prima del getto, i tubi inclinometrici in alluminio.

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 D.L. anche i pali sottoposti a prove di carico laterale potranno avere sezioni strumentate con estensimetri elettrici a varie profondità.

11 MICROPALI

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.

Durante la perforazione la stabilità dello scavo potrà essere ottenuta con l'ausilio di fanghi bentonitici o altri fluidi stabilizzanti, ovvero tramite l'infissione di un rivestimento metallico provvisorio.

11.1 NORMATIVES DI RIFERIMENTO

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

- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 14/01/2008
- Raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana sui pali di fondazione, Dic. 1984
- D.M. del Ministero dei lavori Pubblici del 11/3/1988 "Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Circolare LL PP N° 30483 del 24/09/1988 "Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Altre norme UNI-CNR, ASTM, DIN, saranno specificate ove pertinenti.

11.2 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

11.2.1 *Soggezioni geotecniche ed ambientali*

Le tecniche di perforazione dovranno essere le più idonee in relazione alla natura del terreno attraversato. In particolare dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad evitare il franamento delle pareti del foro, la contaminazione delle armature, l'interruzione e/o l'inglobamento di terreno nella guaina cementizia che solidarizza l'armatura al terreno circostante.

Di norma le perforazioni saranno quindi eseguite in presenza di rivestimento, con circolazione di fluidi di perforazione per l'allontanamento dei detriti e per il raffreddamento dell'utensile.

I fluidi di perforazione potranno consistere in:

- acqua
- fanghi bentonitici
- schiuma
- aria, nel caso di perforazione a rotopercussione con martello a fondo foro, o in altri casi approvati dalla D.L..

Previa comunicazione alla D.L. potrà essere adottato la perforazione senza rivestimenti, con impiego di fanghi bentonitici.

La perforazione "a secco", senza rivestimento non è di norma ammessa; potrà essere adottata, previa comunicazione alla D.L., solo in terreni uniformemente argillosi, caratterizzati da valori della coesione non drenata cu che alla generica profondità di scavo H soddisfino la seguente condizione:

$$c_u \geq Y \times H/3$$

dove:

Y = peso di volume totale.

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

La perforazione a rotazione a secco, o con impiego di aria è invece raccomandata in terreni argillosi sovraconsolidati.

Nel caso di impiego della roto-percussione, sia mediante martello a fondo foro che mediante dispositivi di battuta applicati alla testa di rotazione (tipo Sistema KLEMM), la Ditta dovrà assicurare il rispetto delle norme DIN 4150 (parti I e II, 1975; parte IV, 1986), in merito ai limiti delle vibrazioni.

In caso contrario per modalità di impiego della roto-percussione ed i necessari provvedimenti dovranno essere comunicati alla D.L..

La D.L., a sua discrezione, potrà richiedere alla Ditta di eseguire misure di controllo delle vibrazioni indotte, con oneri e spese a carico della medesima.

11.2.2 Prove tecnologiche preliminari

La tipologia delle attrezzature ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere comunicati dalla Ditta alla D.L..

Se richiesto dalla D.L., in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera, l'idoneità di tali attrezzature e delle modalità di esecuzione sarà verificata mediante l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari.

11.2.3 Tolleranze

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

- coordinate planimetriche del centro del micropalo: ± 1 cm
- scostamento dell'inclinazione dall'asse teorico: ± 2 %

- lunghezza : ± 10 cm
- diametro finito : ± 5 %
- quota testa micropalo : ± 2 cm.

11.2.4 *Materiali*

a) *Tubi in acciaio*

E' prescritto l'impiego di tubi aventi caratteristiche geometriche e qualità dell'acciaio conformi a quanto indicato nei disegni di progetto.

I tubi potranno essere di acciaio tipo:

- S355JR come profili cavi laminati a caldo per impieghi strutturali secondo UNI-EN 10210;
- S355J0 come profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali secondo UNI-EN 10219:2006 (corretta il 9/06/2011) parti 1 e 2;

I tubi potranno avere solo giunzioni a mezzo di manicotto filettato esterno. Le caratteristiche delle giunzioni (filettatura, lunghezza, sezioni utili) dovranno consentire una trazione ammissibile pari almeno all'80% carico ammissibile a compressione.

Le valvole di iniezione, ove previste, saranno del tipo a "manchette", ovvero costituite da una guarnizione in gomma, tenuta in sede da due anelli metallici saldati esternamente al tubo, sul quale, in corrispondenza di ciascuna valvola, sono praticati almeno 2 fori 8 mm.

b) *Cementi*

Il cemento da impiegare dovrà essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali considerando, in particolare, l'aggressività dell'ambiente esterno. Saranno ammassi cementi *portland* classificati secondo le norme ASTM come tipo III, IV o V.

c) *Inerti*

Gli inerti saranno di norma utilizzati solo per il confezionamento di malte da utilizzare per il getto dei micropali a semplice cementazione.

In relazione alle prescrizioni di progetto l'inerte sarà costituito da sabbie fini, polveri di quarzo, polveri di calcare.

d) *Acqua di impasto*

Si utilizzerà acqua chiara di cantiere, dolce, le cui caratteristiche chimico-fisiche dovranno soddisfare i requisiti di cui alla specifica delle presenti Norme Tecniche.

e) *Additivi*

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

f) *Preparazione delle malte cementizie*

f.1) *Caratteristiche di resistenza e dosaggi*

La resistenza cubica da ottenere per le malte cementizie di iniezione deve essere:

$$R'ck \geq 30 \text{ MPa}$$

A questo scopo si prescrive che il dosaggio in peso dei componenti sia tale da soddisfare un rapporto acqua/cemento:

$$a/c \leq 0.50$$

La fluidità al cono di Marsh sarà minore di 30° con un ugello da 8 mm.

f.2) Composizione delle malte cementizie

La composizione delle malte di iniezione, riferita ad 1 m³ di prodotto, dovrà essere la seguente:

| | | |
|----------|---|-----------|
| acqua | : | 270 kg |
| cemento | : | 600 kg |
| additivi | : | 5 ÷ 10 kg |

f.3) Impianti di preparazione

Le malte saranno confezionate utilizzando impianti a funzionamento automatico o semi-automatico, costituiti dai seguenti principali componenti:

- bilance elettroniche per componenti solidi
- vasca volumetrica per acqua
- mescolatore primario ad elevata turbolenza (min. 1500 giri/min)
- vasca di agitazione secondaria e dosatori volumetrici, per le miscele cementizie

f.4) Controlli sulle malte cementizie

La tipologia e la frequenza dei controlli da eseguire sarà indicata dalla D.L..

11.2.5 Modalità esecutive

a) 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-finì (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 disaggregatore. 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.

b) *Allestimento del micropalo*

Completata la perforazione e rimossi i detriti, in accordo alle prescrizioni, si provvederà ad inserire entro il foro l'armatura, che dovrà essere conforme ai disegni di progetto.

c) *Armature tubolari*

Si possono utilizzare:

- tubi laminati a caldo di acciaio di classe S355JR rispondenti alla Normativa UNI-EN10210;
- tubi saldati formati a freddo per usi strutturali rispondenti alla UNI-EN10219 in acciaio di classe S355J0. I tubi dovranno essere accompagnati da certificato di tipo 3.1 secondo UNI10204 e eventualmente avere certificazione di tipo 3.2 se richiesta in via preliminare a cura della D.L. in accordo con il Committente. I tubi dovranno essere realizzati in conformità alla UNI-EN10219, scordonati internamente e normalizzati.

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'inezione, 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.

d) *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 accettare 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.

e) *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 (0,5-0,6MPa) 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.

f) *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 ("claqueage");
- 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 attrezature per l'iniezione dovranno essere munite di apparecchio "contacolpi" al fine di verificare il numero di mandate necessarie per una corretta formazione del bulbo.

g) *Controlli e documentazione*

Per ogni micropalo eseguito la Ditta dovrà fornire una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- n. del micropalo e data di esecuzione (con riferimento alla planimetria di progetto)
- lunghezza della perforazione
- modalità di esecuzione della perforazione:
 - utensile
 - fluido
 - rivestimenti
- caratteristiche dell'armatura
- volume della malta
- caratteristiche della malta.

11.2.6 CARATTERISTICHE DELLE MALTE E PASTE CEMENTIZIE DA IMPIEGARE PER LA FORMAZIONE DEI MICROPALI

Rapporto acqua/cemento: < 0,5.

Classe di resistenza: > 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 aggressività 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.

11.3 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

- k) Prima di dare inizio ai lavori la Ditta dovrà presentare alla D.L. una planimetria riportante la posizione di tutti i pali, inclusi quelli di prova, contrassegnati da un numero progressivo indicativo di ciascun palo.
- l) Sarà cura della Ditta provvedere alle indagini necessarie ad accertare la eventuale presenza di manufatti interrati di qualsiasi natura (cunicoli, tubazioni, cavi, etc.) che possono interferire con i micropali da realizzare o che possano essere danneggiati o comunque arrecare danno durante l'effettuazione dei lavori. Tali indagini e le eventuali rimozioni e modifiche da eseguire dovranno in ogni caso essere effettuate prima dell'inizio delle operazioni di infissione o perforazione.
- m) Prima dell'inizio dei lavori la Ditta dovrà eseguire il tracciamento dei pali identificando la posizione sul terreno mediante infissione di appositi picchetti in corrispondenza dell'asse di ciascun micropalo.
- n) La Ditta dovrà verificare e fare in modo che il numero, la potenza e la capacità operativa delle attrezzature siano tali da consentire una produttività congruente con i programmi di lavoro previsti. Sarà altresì cura della Ditta selezionare ed utilizzare le attrezzature più adeguate alle condizioni ambientali, stratigrafiche ed idrogeologiche dei terreni ed alle dimensioni dei micropali.
- o) Nel caso in cui durante il corso dei lavori la Ditta ritenga opportuno variare le metodologie esecutive precedentemente approvate, sarà sua cura effettuare le nuove prove tecnologiche preliminari eventualmente necessarie.
- p) Sarà cura della Ditta apporre adeguati contrassegni, opportunamente spaziati, su tutti gli elementi sui quali nelle differenti fasi di lavorazione è necessario effettuare delle misurazioni per verificare la profondità d'infissione, il livello d'estrazione ed il rifiuto.
- q) Sarà cura della Ditta adottare tutti gli accorgimenti necessari ad attenuare i disturbi alle persone derivanti dalla vibrazione e dai rumori connessi con le attività di scavo. Sarà altresì cura della Ditta evitare che l'installazione dei pali arrechi danno, per effetto di vibrazione e/o spostamenti di materie, ai pali adiacenti così come ad opere e manufatti preesistenti.

- r) Sarà cura della Ditta provvedere all'immediato trasporto a rifiuto di tutti i materiali di risulta provenienti dalle perforazioni e dalle lavorazioni comunque connesse con la realizzazione dei pali.
- s) Sarà cura della Ditta far eseguire tutti i controlli e le prove (sia preliminari che in corso d'opera) prescritti dal presente Capitolato così come quelli richiesti dall'D.L., al fine la qualità e le caratteristiche previste dal progetto.
- t) Sarà cura della Ditta provvedere alla scapitozzatura delle teste di tutti i micropali, fino alla quota di progetto (piano d'imposta della fondazione sovrastante), provvedendo altresì alla sistemazione e ripulitura dei ferri d'armatura. Nel caso in cui, per effetto delle lavorazioni subite, la parte superiore del palo non avesse le caratteristiche richieste, la Ditta dovrà provvedere alla estensione della scapitozzatura (per eliminare tale parte) ed alla ricostruzione, fino al piano d'imposta della fondazione sovrastante.

11.4 CONTROLLO DI QUALITÀ

Le modalità e la incidenza dei controlli di qualità da eseguire sono definite dalla D.L..

11.5 PROVE DI CARICO

Nei paragrafi che seguono vengono fornite le indicazioni tecniche generali per l'esecuzione di prove di carico.

Le prove di carico hanno principalmente lo scopo di:

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

a) Definizioni

Si definiscono:

- prove di collaudo le prove effettuate su 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 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});

b) Normative e specifiche di riferimento

Valgono le Norme già richiamate al punto 1.3., ed inoltre: ASTM D1143-81: "Standard Test Method for Piles under Static Axial Compressive Load", AGI - Associazione geotecnica italiana (1984) "Raccomandazioni sui pali di fondazione", AGI.

c) Numero e ubicazione dei pali di prova

Il numero e l'ubicazione dei micropali da sottoporre a prova di carico 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.

La Ditta dovrà effettuare prove di carico assiale sull'1% dei micropali, con un minimo di almeno due micropali per ogni opera.

d) Caratteristiche dei pali di prova

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

11.5.1 Prove di carico verticale

a) Scelta dei carichi di prova

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.

b) 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 di cui alle presenti norme tecniche.

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

- le armature tubolari 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 in aderenza di quanto definito nelle presenti Norme Tecniche.

c) Preparazione della prova

c.1) Preparazione dei micropali da sottoporre a prova

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.

c.2) Realizzazione del contrasto

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.

d) 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, da realizzarsi come di seguito specificato.

Gli incrementi di carico saranno pari al 25% del carico di esercizio Q fino al raggiungimento di quest'ultimo; successivamente gli incrementi saranno ridotti (ad es. 10%).

Il carico massimo di prova è pari a 1.5Q. Prima della prova vera e propria dovrà essere applicato un modesto incremento di carico al fine di controllare la concordanza fra le letture ai micrometri. Se questa non è soddisfacente, si scarica e si migliora la centratura del martinetto.

Subito dopo l'applicazione di ciascun incremento di carico le letture di carico ed abbassamento devono essere eseguite a intervalli di tempo brevi (ad es. 2, 4, 6, 10 minuti). Tali intervalli possono essere successivamente aumentati, ma non devono superare i 10 minuti nella prima mezz'ora e 20 minuti nel tempo successivo fino alla stabilizzazione dell'abbassamento. Una lettura deve essere in ogni caso effettuata prima dell'applicazione del successivo carico. Si considera stabilizzato l'abbassamento se esso risulta minore o uguale a 0.05 mm negli ultimi 15 minuti o negli ultimi 30 minuti a seconda che si tratti di un terreno prevalentemente sabbioso o argilloso.

Se gli abbassamenti non tendono a stabilizzarsi si può procedere comunque al successivo incremento di carico dopo un periodo di 2 ore, nel caso di carico, 1 ora nel caso di scarico/ricarico. Purché non vi sia stata rottura, è opportuno mantenere il carico massimo di prova per 48 ore. Se tuttavia dopo un periodo minimo di 24 ore si constata la stabilizzazione degli abbassamenti, il carico può essere rimosso (tale periodo minimo di 24 ore può essere ridotto in terreni con elevata permeabilità).

Lo scarico può avvenire in decrementi del 25% del carico massimo, mantenendo ciascun carico per l'intervallo di tempo necessario per ottenere la stabilizzazione secondo il criterio indicato, per un massimo di 1 ora. Nello scarico le letture devono essere effettuate ad intervalli di tempo non superiori a 20 minuti. È consigliabile effettuare una lettura finale 12 ore dopo che il palo è stato completamente scaricato.

e) Documentazione delle prove

Le misure dei cedimenti saranno registrate utilizzando moduli contenenti:

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

Le tavole complete delle letture tempo-carico-cedimento costituiranno il verbale della prova.

Le date e il programma delle prove dovranno essere altresì comunicati alla D.L. 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;
- diagrammi carichi-cedimenti finali per ciascun comparatore e per il valore medio; diagrammi carichi-cedimenti (a carico costante) per ciascun comparatore e per il valore medio;
- numero di identificazione e caratteristiche nominali del palo (lunghezza, diametro);
- stratigrafia del terreno rilevata durante la perforazione (pali trivellati);
- geometria della prova (dispositivo di contrasto, travi portamicrometri, etc.);
- disposizione, caratteristiche e certificati di taratura della strumentazione;
- scheda tecnica del palo, preparata all'atto dell'esecuzione;
- relazione tecnica riportante l'elaborazione dei dati e l'interpretazione della prova medesima nonché l'individuazione del carico limite con il metodo dell'inversa pendenze.

11.5.2 *Prove di carico orizzontale*

Queste prove dovranno essere effettuate nel caso in cui ai pali di fondazione sia affidato il compito di trasmettere al terreno carichi orizzontali di entità significativa.

Il numero ed i pali da sottoporre a prova sarà definito dal progettista e/o concordato con la D.L.

Nella esecuzione delle prove ci si atterrà alle prescrizioni già impartite per le prove di carico assiale, salvo quanto qui di seguito specificato.

Il carico potrà esser applicato mediante opportuno martinetto orizzontale interposto tra la testa del palo e un elemento di reazione. 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.

Il sistema di applicazione del carico deve avere capacità non inferiore al carico massimo orizzontale previsto (carico di esercizio più carico dinamico massimo).

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.

Tali misure rappresentano il programma minimo da prevedere. Esse vanno comunque effettuate, anche se sono previste osservazioni in profondità. Gli spostamenti vengono rilevati mediante micrometri o strumenti ottici. La precisione delle misure di rotazione deve essere inferiore almeno dell'ordine di 1 mm/metro: ciò può ottersi con un'apparecchiatura di tipo inclinometrico.

Per la misura delle deformazioni durante la prova di carico, la D.L. indicherà i pali nei quali posizionare, prima del getto, i tubi inclinometrici in alluminio.

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 D.L. anche i pali sottoposti a prove di carico laterale potranno avere sezioni strumentate con estensimetri elettrici a varie profondità.

12 PALI BATTUTI

12.1 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 N.T. del 16/01/2008, spinte fino a portare a rottura il complesso palo-terreno per poter 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 verranno accettate eventuali lavorazioni svolte prima dell'approvazione delle modalità esecutive.

12.2 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.

12.3 SOGGEZIONI GEOTECNICHE E AMBIENTALI

L'adozione dei pali infissi è condizionata da una serie di fattori ambientali e geotecnici; quelli che meritano particolare attenzione sono:

- disturbi alle persone provocati dalle vibrazioni e dai rumori causati dall'infissione dei pali;
- danni che l'installazione dei pali può arrecare alle opere vicine a causa delle vibrazioni, degli spostamenti orizzontali e/o verticali del terreno, provocati durante l'infissione;
- danni che l'infissione dei pali può causare ai pali adiacenti.

Durante l'infissione dei pali prova la Direzione Lavori potrà richiedere che l'Impresa esegua a sua cura e spese misure vibrazionali di controllo per accertare che l'installazione dei pali infissi non danneggi le proprietà vicine.

Qualora nel corso delle misure vibrazionali risultassero superati i limiti di accettabilità previsti dalle norme DIN 4150, l'Impresa dovrà sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori i provvedimenti che intende adottare.

È altresì richiesta la presentazione di un programma di lavori in cui sia dettagliatamente esplicitata la successione cronologica di installazione di ciascun palo.

12.4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

I pali saranno realizzati in acciaio Cor-Ten e potranno essere tubolari o a sezione presso piegata a freddo.

La Direzione Lavori ha la facoltà di fare eseguire prove di controllo della geometria e delle caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati.

12.5 TOLLERANZE GEOMETRICHE

Saranno accettate le seguenti tolleranze sull'assetto geometrico del palo:

- sulla lunghezza: uguale a $\pm 1\%$;
- sul perimetro: uguale a $\pm 2\%$;
- deviazione dell'asse del palo rispetto all'asse di progetto: < 3%;
- errore rispetto alla posizione planimetrica: < 20% del diametro nominale in testa.

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 ovviare all'esecuzione di pali in posizione e/o con dimensioni non conformi alle tolleranze qui stabilite, compresi pali aggiuntivi ed opere di collegamento.

12.6 TRACCIAMENTO

Prima di iniziare l'infissione si dovrà, a cura e spese dell'Impresa, 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.

L'Impresa esecutrice dovrà presentare:

- una pianta della palificata con la posizione planimetrica di tutti i pali, inclusi quelli di prova contrassegnati con numero progressivo;
- un programma cronologico di infissione elaborato in modo da minimizzare gli effetti negativi dell'infissione stessa sulle opere vicine e sui pali già installati.

12.7 INFISSIONE

I tipi di battipalo impiegati per l'infissione dei pali sono i seguenti:

- battipalo con maglio a caduta libera;
- battipalo a vapore ad azione singola;
- battipalo a vapore a doppia azione;
- battipalo diesel;
- vibratore.

L'Impresa dovrà fornire le seguenti informazioni concernenti il sistema di infissione che intende utilizzare.

A) nel caso di impiego dei battipali:

- marca e tipo di battipalo;
- principio di funzionamento del battipalo;
- energia massima di un colpo e relativa possibilità di regolazione;
- numero dei colpi al minuto e relativa possibilità di regolazione;
- efficienza del battipalo;
- caratteristiche del cuscino (materiale, diametro, altezza), la sua costante elastica e il suo coefficiente di restituzione;
- peso della cuffia;
- peso degli eventuali adattatori;
- peso del battipalo.

B) utilizzando maglio a caduta libera:

- peso del maglio;
- massima altezza di caduta che si intende utilizzare.

C) utilizzando il vibratore:

- marca del vibratore;
- peso della morsa vibrante;
- ampiezza e frequenza del vibratore.

Prima di essere infisso, il fusto del palo dovrà essere suddiviso in tratti di 0,5 m, contrassegnati con vernice di colore contrastante rispetto a quello del palo.

Gli ultimi 2,0 m - 4,0 m del palo dovranno essere suddivisi in tratti da 0,1 m, onde rendere più precisa la rilevazione dei rifiuti nella parte terminale della battitura.

L'arresto della battitura del palo potrà avvenire solo dopo aver raggiunto:

- A) la lunghezza minima di progetto;
- B) il rifiuto minimo specificato.

Precisazioni dettagliate concernenti il punto B) saranno fornite all'Impresa dalla Direzione Lavori, note le caratteristiche del sistema d'infissione.

Nei casi in cui fosse evidenziata l'impossibilità di raggiungere le quote minime di progetto dovranno essere raccolti tutti gli elementi conoscitivi che consentano la definizione alla Direzione Lavori degli eventuali adeguamenti alle modalità operative e/o al Progettista delle eventuali variazioni progettuali.

In condizioni geotecniche particolari la Direzione Lavori può richiedere la ribattitura di una parte dei pali già infissi per un tratto in genere non inferiore a 0,3÷0,5 m.

In questo caso si dovranno rilevare i "rifiuti" per ogni 0,1 m di penetrazione, evidenziando in modo chiaro nei rapportini che si tratta di ribattitura.

12.8 CONTROLLI E DOCUMENTAZIONE LAVORI

L'infissione 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 costruzione del palo;
- data di infissione;
- caratteristiche del sistema di infissione;
- rifiuto ogni 0,10 m negli ultimi 1,0 m - 2,0 m e ogni 1,0 m nel tratto precedente;
- profondità raggiunta;
- profondità di progetto;
- rifiuti di eventuale ribattitura;
- risultati delle eventuali prove di controllo richieste dalla Direzione Lavori.

Tale scheda dovrà essere riportata su apposito modello che dovrà essere trasmesso dall'Impresa alla Direzione Lavori.

13 PALI INFISSI

13.1 TOLLERANZE GEOMETRICHE

Saranno accettate le seguenti tolleranze sull'assetto geometrico del palo:

- sul diametro esterno della cassaforma infissa: $\pm 2\%$;
- deviazione dell'asse del palo rispetto all'asse di progetto: $< 2\%$;
- errore rispetto alla posizione planimetrica: non superiore al 15% del diametro nominale.

Inoltre la sezione dell'armatura metallica non dovrà risultare inferiore a quella di progetto.

L'Impresa è tenuta ad eseguire a sua esclusiva cura e spese 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.

13.2 TRACCIAMENTO

Prima di iniziare l'infissione si dovrà, a cura ed onore dell'Impresa, indicare sul terreno la posizione dei pali mediante appositi picchetti sistematici in corrispondenza dell'asse di ciascun palo; su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del palo quale risulta dalla pianta della palificata.

L'Impresa esecutrice dovrà presentare:

- una pianta della palificata con la posizione planimetrica di tutti i pali inclusi quelli di prova contrassegnati con numero progressivo;
- un programma cronologico di infissione elaborato in modo da minimizzare gli effetti negativi dell'infissione stessa sulle opere vicine e sui pali già installati.

13.3 INFISSEZIONE

I tipi di battipalo impiegati per l'infissione dei pali eseguiti senza asportazione del terreno sono i seguenti:

- battipalo con maglio a caduta libera;
- battipalo a vapore ad azione singola;
- battipalo a vapore a doppia azione;
- battipalo diesel.

L'infissione può avvenire battendo il tubo in sommità oppure sul fondo; in questo ultimo caso essa può avvenire attraverso un mandrino rigido oppure agendo mediante un maglio a caduta libera su un tappo di fondo.

L'Impresa dovrà fornire le seguenti informazioni concernenti il sistema d'infissione che intende utilizzare:

- A) nel caso di impiego dei battipali:
- marca e tipo del battipalo;

- principio di funzionamento del battipalo;
 - energia massima di un colpo e relativa possibilità di regolazione;
 - numero di colpi al minuto e relativa possibilità di regolazione;
 - efficienza del battipalo;
 - caratteristiche del cuscino (materiale, diametro, altezza), la sua costante elastica ed il suo coefficiente di restituzione;
 - peso della cuffia;
 - peso degli eventuali adattatori;
 - peso del battipalo.
- B) utilizzando maglio a caduta libera:
- peso del maglio;
 - massima altezza di caduta che si intende utilizzare.

Il palo dovrà essere esente da incrostazioni, malformazioni, a perfetta tenuta e privo di flange o variazioni di sezione sia all'interno che all'esterno.

Prima di essere infisso, il palo dovrà essere suddiviso in tratti di 0,5 m, contrassegnati con vernice.

Gli ultimi 2,0 - 4,0 m del palo dovranno essere suddivisi in tratti da 0,1 m onde rendere più precisa la rilevazione dei rifiuti nella parte terminale della battitura.

L'arresto della battitura del palo potrà avvenire dopo aver raggiunto:

- a) la lunghezza minima di progetto;
- b) il rifiuto minimo specificato.

Precisazioni dettagliate concernenti il punto b) saranno fornite all'Impresa dalla Direzione Lavori, note le caratteristiche del sistema di infissione.

Nei casi in cui fosse evidenziata l'impossibilità di raggiungere le quote minime di progetto dovranno essere raccolti tutti gli elementi conoscitivi che consentano la definizione degli eventuali adeguamenti alle modalità operative alla Direzione Lavori e/o delle eventuali variazioni progettuali da parte del Progettista.

In condizioni geotecniche particolari la Direzione Lavori può richiedere la ribattitura di una parte dei pali già infissi per un tratto in genere non inferiore a 0,3÷0,5 m.

In questo caso si dovranno rilevare i "rifiuti" per ogni 0,1 m di penetrazione, evidenziando in modo chiaro nei rapportini che si tratta di ribattitura.

13.4 CONTROLLI E DOCUMENTAZIONE DEI LAVORI

L'Impresa a sua cura e spese, sotto il controllo della Direzione Lavori, dovrà provvedere alla esecuzione di una serie di prove di carico a rottura su cubetti di conglomerato cementizio in modo conforme a quanto prescritto dalle presenti Norme Tecniche ed alle preventive richieste della Direzione Lavori.

L'esecuzione di ogni singolo palo 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 palo;
- geometria;

- caratteristiche del sistema di infissione;
- rifiuto ogni 0,1 m negli ultimi 1 m - 2 m e per ogni metro nel tratto precedente;
- rifiuti di eventuale ribattitura;
- lunghezza totale del palo: quote fondo e testa palo;
- registrazione delle eventuali misure vibrazionali.

14 ANCORAGGI AI MANUFATTI ESISTENTI

Nel progetto esecutivo è previsto l'ancoraggio delle barriere acustiche ai muri ed alle opere d'arte poste lungo la sede autostradale.

14.1 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

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

- Decreto Ministeriale del 14/01/2008: Norme tecniche per le costruzioni.
- Decreto Ministeriale 11/03/1988: Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Altre norme UNI-CNR, ASTM, DIN che saranno richiamate ove pertinenti.

14.2 PROVE PRELIMINARI

Le attrezzature prescelte ed i procedimenti esecutivi dovranno essere comunicati dalla Ditta alla D.L..

Se richiesto dalla D.L., in relazione alle particolari condizioni in cui si opera, l'idoneità dei tipi esecutivi, delle attrezzature e dei procedimenti sarà verificata mediante l'esecuzione di prove preliminari. Le relative prove di carico saranno eseguite in conformità a quanto prescritto nei successivi paragrafi.

14.2.1 *Tolleranze*

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

- coordinate piano-altimetriche: $\pm 0,5$ cm
- scostamento dall'asse teorico: $\pm 0,5\%$
- lunghezza: ± 1 cm.

14.2.2 *Materiali*

Le prescrizioni che seguono sono complementari a quelle di cui alla parte riguardante i conglomerati cementizi che si intendono quindi integralmente applicabili.

a) *Barre - Barre in acciai speciali*

Le barre saranno in acciaio del tipo ad aderenza migliorata, di qualità e caratteristiche conformi a quanto specificato nelle presenti Norme Tecniche.

E' consentito l'impiego di barre in acciai speciali ed a filettatura continua, tipo Dywidag Hilti o simili. Le caratteristiche di tali acciai dovranno essere certificate dal produttore, e verificate a norma dei regolamenti già richiamati.

b) *Resine*

Le resine saranno impiegate per la solidarizzazione dei muri e dei cordoli attraverso l'applicazione delle barre in acciaio. Saranno impiegate resine epossidiche a due componenti e resine poliesteri insature.

Oltre al corretto dosaggio dei componenti, i principali fattori che influenzano il comportamento delle miscele di iniezione a base di resine sono:

- la viscosità in fase fluida
- i tempi di indurimento e loro dipendenza dalla temperatura
- la compatibilità con la presenza di acqua.

Rapporti non corretti del dosaggio dei componenti danno luogo a perdite di resistenza (per le resine epossidiche) o a variazioni non accettabili dei tempi di polimerizzazione (per resine poliesteri).

La presenza di solventi o diluenti, o prodotti secondari delle reazioni non partecipi della struttura della macromolecola, è generalmente causa di ritiro e/o porosità.

Sarà necessario che ciascun componente non sia solubile in acqua e che l'eventuale assorbimento di acqua non comporti alterazioni nel processo di polimerizzazione. Particolari accorgimenti dovranno essere presi per l'impiego sotto battente d'acqua, per evitare porosità e discontinuità.

La scelta della resina dovrà essere fatto tenendo conto dei seguenti fattori:

- viscosità: i valori dovranno essere compresi tra 300 e 3000 cP a 20° e devono essere misurati con il metodo ASTM D2393 - 72;
- tempo di gel: valore da definire a cura del produttore o a seguito di prove preliminari, in relazione alle caratteristiche dell'ambiente, ed ai tempi di realizzazione; il valore dovrà essere misurato secondo il metodo ASTM D 2471 - 71;
- assenza di solventi, diluenti, o altri componenti estranei alla polimerizzazione: la differenza tra il peso della miscela fluida iniziale e della stessa miscela indurita dovrà essere inferiore al 5% del peso iniziale; la polimerizzazione non dovrà dar luogo a fenomeni secondari dannosi come, per esempio, sviluppo di gas;
- compatibilità con l'eventuale presenza di acqua in fase di polimerizzazione: l'accertamento dovrà essere fatto attraverso prove di confronto della resistenza a trazione di resine indurite in aria ed in acqua, su provini del tipo 2 indicati nella UNIPLAST 5819 - 66 (con spessore di 10 mm); la riduzione di resistenza dovrà essere inferiore al 10% del valore della resistenza della resina indurita all'aria.

14.2.3 *Modalità esecutive*

a) *Perforazione*

La perforazione sarà eseguita mediante sonda a rotazione o rotopercussione, con rivestimento continuo e circolazione di fluidi.

Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoni con portate e pressioni adeguate. Si richiedono valori minimi di 200 l/min e 25 bar, rispettivamente.

Nel caso di perforazione a roto-percussione con martello a fondo foro si utilizzeranno compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:

- portata $\geq 10 \text{ m}^3/\text{min}$
- pressione $\geq 8 \text{ bar}$

b) *Allestimento dell'ancoraggio*

Completata la perforazione e rimossi i relativi detriti mediante adeguato prolungamento della circolazione dei fluidi, si provvederà a realizzare l'ancoraggio, procedendo con le seguenti operazioni:

- introduzione dell'armatura
- esecuzione dell'iniezione primaria

- eventuali prove di carico di collaudo

c) *Iniezione*

Nell'esecuzione di iniezioni con resine sintetiche si adotteranno modalità operative conformi alle raccomandazioni fornite dal produttore.

Per barre di piccolo diametro (= 15 ÷ 20 mm) si potrà adottare il sistema a "cartuccia". In tal caso si posiziona in fondo al foro una cartuccia di vetro contenente i componenti della resina, opportunamente separati. Si infila quindi la barra, facendola ruotare per rompere la cartuccia e mescolare i componenti della resina, dando così luogo al processo di polimerizzazione.

Per barre di diametro maggiore si adotteranno di norma resine fluide, che saranno iniettate tramite un condotto di mandata con ugello di fuoriuscita posto in prossimità del fondo del foro. La testata sarà dotata di un tubicino di sfiato, di norma in rame, che sarà occluso per piegatura a iniezione completata.

d) *Controlli e documentazione*

La Ditta dovrà fornire una scheda contenente, per ogni ancoraggio eseguito, informazioni relative a:

- modalità di perforazione
- tipo e caratteristiche dell'armatura
- tipo e modalità dell'iniezione

14.3 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

- a) Prima di dare inizio ai lavori la Ditta dovrà presentare alla D.L. una planimetria riportante la posizione delle opere di consolidamento da realizzare, incluse quelle di prova, contrassegnate da un numero progressivo indicativo di ciascuna opera.
- b) Sarà cura della Ditta provvedere alle indagini necessarie ad accertare la eventuale presenza di manufatti interrati di qualsiasi natura (cunicoli, tubazioni, cavi, etc.) che possono interferire con le opere da realizzare o che possano essere danneggiati o comunque arrecare danno durante l'effettuazione dei lavori. Tali indagini e le eventuali rimozioni e modifiche da eseguire dovranno in ogni caso essere effettuate prima dell'inizio delle operazioni di perforazione.
- c) Prima dell'inizio dei lavori la Ditta dovrà eseguire il tracciamento delle opere identificando la posizione sul muro.
- d) La Ditta dovrà verificare e fare in modo che il numero, la potenza e la capacità operativa delle attrezzature siano tali da consentire una produttività congruente con i programmi di lavoro previsti. Sarà altresì cura della Ditta selezionare ed utilizzare le attrezzature più adeguate alle condizioni ambientali ed alle dimensioni delle opere da realizzare.
- e) Sarà cura della Ditta adottare tutti gli accorgimenti necessari ad attenuare i disturbi alle persone derivanti dalla vibrazione e dai rumori connessi con le attività di perforazione.
- f) Sarà cura della Ditta provvedere all'immediato trasporto a rifiuto di tutti i materiali di risulta provenienti dalle perforazioni e dalle lavorazioni comunque connesse con la realizzazione dei consolidamenti.
- g) Sarà cura della Ditta far eseguire tutti i controlli e le prove (sia preliminari che in corso d'opera) prescritti dal presente Capitolato e richieste dalla D.L. in base a esigenze tecniche, che si rendessero necessari per garantire le qualità e le caratteristiche previste da progetto.

14.4 CONTROLLI DI QUALITÀ

Le modalità e l'incidenza dei controlli di qualità da eseguire, sui materiali e sulle lavorazioni inerenti le opere di consolidamento, sono indicate dalla D.L..

I controlli legati a prove preliminari e a prove di carico o di rottura, ove previsti, sono specificati nei relativi paragrafi delle presenti Norme Tecniche.

14.5 PROVE DI CARICO SUI MURI E SULLE SOLETTI D'IMPALCATO

a) *Tipologia delle prove*

Nel caso specifico saranno eseguite prove di carico di collaudo.

b) *Prescrizioni generali*

Le prove dovranno essere eseguite da personale specializzato e nel rispetto delle norme di sicurezza. Le apparecchiature da impiegare nella esecuzione delle prove dovranno essere tarate presso un Laboratorio Ufficiale.

Gli spostamenti della testa del muro sottoposta ai carichi di prova dovrà essere misurata con riferimento ad un punto fisso esterno alla zona in cui si risentono significativamente le azioni trasmesse dall'ancoraggio stesso. La D.L. in accordo con il progettista dovrà verificare che gli spostamenti in esercizio siano inferiori a quelli teorici calcolati.

Per ciascuna prova di carico la Ditta dovrà fornire alla D.L. la relativa documentazione completa di tabelle e grafici.

c) *Obbligatorietà delle prove*

Le prove di collaudo saranno concordate con la D.L..

15 PANNELLI ACUSTICI

15.1 CARATTERISTICHE GENERALI

Le barriere dovranno essere realizzate secondo quanto previsto negli elaborati di progetto. Le stesse sono state predisposte per soddisfare le problematiche di inserimento ambientale consentendo la conservazione delle visuali medie e lunghe da parte dei residenti.

Il presente documento specifica le caratteristiche dei materiali e dei sistemi costituenti le barriere antirumore e dettaglia le prove a cui essi devono essere sottoposti; nel presente documento vengono dettagliate le procedure finalizzate a garantire l'idoneità all'impiego e la durabilità delle installazioni antirumore prendendo in considerazione sia i requisiti minimi previsti dalla marcatura CE che le prescrizioni tecniche particolari richieste dalla Committente per lo specifico intervento. Si evidenzia inoltre che ulteriori prescrizioni sono riportate negli elaborati grafici del progetto esecutivo.

I certificati devono essere forniti secondo le tempistiche e modalità di seguito specificate, relativamente alle seguenti fasi:

1. conformità della produzione;
2. accettazione;
3. collaudo;
4. durabilità.

Conformità della produzione

Contestualmente alla consegna del Programma Esecutivo dei Lavori, l'Appaltatore fornisce la documentazione relativa al proprio sistema di controllo della produzione in fabbrica, finalizzato a garantire la rintracciabilità dei lotti di produzione di quanto verrà fornito ed installato per la realizzazione della specifica commessa. La documentazione fornita deve inoltre comprendere la certificazione del sistema di gestione per la qualità secondo ISO 9001:2008 e ss.mm.ii..

Accettazione

Per la realizzazione dell'intervento saranno accettati solo sistemi e prodotti con marcatura CE ed inoltre con proprietà tali da soddisfare tutte le prescrizioni integrative relative alle caratteristiche riportate nelle tabelle "Prove e Certificazioni" e negli elaborati grafici del progetto esecutivo. A tale scopo, tutta la documentazione dovrà essere fornita dall'Appaltatore prima dell'assegnazione definitiva e comunque antecedentemente all'invio in cantiere del primo lotto di fornitura, in modo da consentire di verificare la corrispondenza dei materiali prodotti rispetto a quanto richiesto dagli elaborati del progetto esecutivo. In tale fase i certificati devono essere quindi ottenuti da campioni conformi a quanto riportato negli elaborati dello specifico progetto esecutivo.

Viene comunque applicato il concetto di "famiglia di prodotti"; in particolare:

- per quanto riguarda la resistenza ai carichi dinamici degli elementi strutturali (vento, transito veicoli e pulizia neve) è richiesta la certificazione mediante prova unicamente della situazione più gravosa;
- per quanto riguarda le caratteristiche acustiche, se nello specifico progetto sono presenti materiali di diversa natura variamente accoppiati (ad esempio pannelli trasparenti interposti a pannelli opachi) o soluzioni costruttive di diverso tipo (ad esempio montanti speciali), si dovrà fornire la certificazione addizionale dell'indice di fonoisolamento DL_{SI} relativa a tali giunzioni o punti singolari.

In caso di incompletezza della documentazione, all'atto del ricevimento in cantiere del primo lotto della fornitura la Direzione Lavori provvederà a prelevare un quantitativo idoneo di materiali e successivamente inviarli ad un laboratorio di prova per l'esecuzione delle prove necessarie a completare le certificazioni richieste. Fino a che non sarà disponibile l'esito delle prove relative alla marcatura CE, il materiale prodotto sarà considerato "in sospeso"; qualora a seguito di esito negativo delle prove per la marcatura CE o la certificazione di conformità ai requisiti prestazionali richiesti, la Direzione dei Lavori rifiuti una qualsiasi fornitura non idonea, l'Appaltatore dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute: i materiali rifiutati dovranno essere allontanati dal cantiere

a cura e spese dello stesso Appaltatore.

Il mancato conseguimento entro 90 giorni dalla data di consegna lavori delle certificazioni richieste dal presente capitolo può essere motivo di rescissione del contratto d'appalto.

Collaudo

Le procedure utilizzate per l'accettazione delle forniture, sono anche utilizzate per il collaudo finale delle caratteristiche dei materiali. Le prove vengono realizzate all'atto dell'installazione dei primi tratti significativi e rappresentativi dell'intervento o immediatamente dopo il termine dei lavori, sia mediante prove in-sito, in punti preventivamente individuati nel progetto esecutivo o identificati dalla Direzione Lavori, sia inviando campioni significativi dei materiali presso laboratori di prova.

Rispetto ai valori nominali forniti in fase di accettazione materiali, è ammessa una tolleranza in difetto al massimo uguale al 1 db sia per l'indice di riflessione, DL_{RI} , che per l'indice di fonoisolamento, DL_{SI} . Per quanto riguarda la diffrazione la tolleranza in difetto non deve essere superiore a 0.5 db

Durabilità

Le procedure utilizzate per accettazione e collaudo, sono anche utilizzate per verificare la durabilità dei materiali impiegati, con riferimento all'invecchiamento (condizioni meteorologiche, effetti chimico-fisici).

I rilievi devono essere eseguiti negli stessi punti su cui sono state effettuate le prove di collaudo finale in sito, a distanza di cinque anni dalla data di ultimazione dell'intervento. Rispetto ai valori nominali di collaudo è ammessa una tolleranza in difetto al massimo uguale al 2 db sia per l'indice di riflessione, DL_{RI} che per l'indice di fonoisolamento, DL_{SI} .

In caso di mancato rispetto dei valori sopra esposti, il fornitore dovrà ripristinare a proprie spese le condizioni riportate nelle certificazioni di collaudo.

Tutte le certificazioni richieste nelle fasi precedentemente elencate, sia delle caratteristiche acustiche che di quelle non acustiche, devono essere eseguite presso laboratori riconosciuti da ACCREDIA.

Il costo delle prove di accettazione e durabilità è interamente a carico dell'Appaltatore. La Direzione Lavori si riserva di far effettuare ulteriori test di controllo, in modo conforme a quanto riportato nel Capitolato Speciale di Appalto.

15.2 CARATTERISTICHE ACUSTICHE

Le seguenti prescrizioni sono finalizzate a garantire che per la realizzazione dell'intervento siano impiegati materiali e prodotti con caratteristiche conformi a quanto previsto dalla marcatura CE secondo norma UNI-EN 14388 edizione 2005. Per ciascuna delle caratteristiche sottoelencate, le tabelle "Prove e Certificazioni" specificano le classi o i valori minimi ammissibili.

15.2.1 DESCRIZIONE METODOLOGIE DI MISURA

1) Caratteristiche intrinseche di assorbimento acustico, metodo UNI-EN 1793-1

I pannelli sono montati secondo quanto prescritto dalla norma ed i valori rispetto a cui valutare l'accettabilità sono espressi tramite l'indice di assorbimento acustico, DL_α , calcolato adottando lo spettro di riferimento riportato nella norma UNI-EN 1793-3.

2) Caratteristiche intrinseche di isolamento acustico per via aerea in condizioni di campo sonoro diffuso, metodo UNI-EN 1793-2.

I pannelli sono montati secondo quanto prescritto dalla norma ed i valori rispetto a cui valutare l'accettabilità sono espressi tramite l'indice di fonoisolamento, DL_R , calcolato adottando lo spettro di riferimento riportato nella norma UNI-EN-1793-3.

3) Caratteristiche di diffrazione, metodo UNI-EN TS 1793-4 (per diffrattori laterali o di sommità)

Gli elementi diffrattori sono qualificati secondo la procedura descritta nella UNI-EN TS 1793-4 ed i valori rispetto a cui valutare l'accettabilità sono espressi tramite l'indice di diffrazione, DL_{ADI} , calcolato adottando lo spettro di riferimento riportato nella norma UNI-EN-1793-3.

4) Caratteristiche intrinseche – valori in sítio di isolamento acustico per via aerea in condizioni di campo sonoro diretto metodo UNI-EN 1793-6 e riflessione, metodo UNI-EN 1793-5.

Misura delle proprietà fonoassorbenti.

L'indice di riflessione, DL_{RI} , deve essere calcolato ed espresso con un unico valore come prescritto nella norma e prendendo in esame esclusivamente le bande in terze d'ottava cui è possibile effettuare la misura. I campioni sottoposti a prova devono essere montati come previsto negli elaborati di progetto.

Misura delle proprietà fonoisolanti.

L'indice di fonoisolamento, DL_{SI} , deve essere calcolato ed espresso con un unico valore come prescritto nella norma e prendendo in esame esclusivamente le bande in terze d'ottava cui è possibile effettuare la misura.

Nel caso di barriere integrate sicurezza-rumore per l'esecuzione delle prove 1), 2) e 4) , i rilievi devono essere effettuati su campioni completi di tutti gli elementi che costituiscono la barriera di sicurezza.

È facoltativo fornire anche i valori ottenuti da misure effettuate su campioni costituiti dai soli elementi costituenti la barriera antirumore.

Il dettaglio dei campioni su cui eseguire le prove è riportato nelle tabelle "Prove e Certificazioni".

15.3 CARATTERISTICHE NON ACUSTICHE

Le seguenti prescrizioni sono finalizzate a garantire che per la realizzazione dell'intervento siano impiegati materiali e prodotti con caratteristiche conformi a quanto previsto dalla marcatura CE secondo norma UNI-EN 14388 edizione 2005. Per ciascuna delle caratteristiche sottoelencate, le tabelle "Prove e Certificazioni" specificano le classi o i valori minimi ammissibili.

In particolare, devono essere soddisfatti i requisiti relativi alle caratteristiche qui di seguito elencate:

15.3.1 RESISTENZA AI CARICHI DOVUTI AL PESO PROPRIO, VENTO E SOVRAPPRESSIONE DA TRANSITO DEI VEICOLI

Le barriere devono essere conformate in modo che sotto il peso proprio ed i carichi di esercizio presentino deformazioni massime tali da non comprometterne l'efficienza. Pertanto si prescrivono valori massimi di deflessione, elastica e permanente, secondo quanto riportato ai punti A.3.2 , A.3.3, B.2 , B.3.2, B.3.3 e nelle appendici A e B della norma UNI EN 1794 – 1.

La certificazione dovrà essere effettuata tramite specifiche prove sperimentali o mediante relazione di calcolo predisposta da professionisti abilitati, tramite l'uso di opportuni codici di calcolo preventivamente tarati ed accettati dal Committente.

Le caratteristiche dovranno essere certificate relativamente a tutti gli elementi acustici (verticali, inclinati, orizzontali), alla struttura portante, ed ai dispositivi aggiuntivi di sommità, a meno di diverse prescrizioni riportate nelle tabelle "Prove e Certificazioni".

Prova accreditata ACCREDIA.

15.3.2 IMPATTO DI OGGETTI

I pannelli possono essere oggetto di impatti localizzati a seguito della proiezione di pietre o piccoli oggetti: per garantire la resistenza a tali impatti vengono definiti dei criteri di accettabilità secondo quanto descritto nel paragrafo C3 dell'allegato C della norma EN 1794-1.

Prova accreditata ACCREDIA.

15.3.3 SICUREZZA IN CASO DI COLLISIONE

In linea di principio le barriere antirumore non devono essere dimensionate per resistere agli urti dei veicoli; comunque le barriere antirumore devono garantire condizioni di sicurezza nel caso di collisioni con i veicoli; in generale tali condizioni di sicurezza possono essere ottenute adottando idonee barriere di sicurezza o con opportune distanze fra sede stradale e barriera antirumore o impiegando

barriere antirumore con funzione integrata di barriera di sicurezza e barriera antirumore: in tal caso le caratteristiche di sicurezza devono essere testate secondo quanto prescritto dalle norme EN 1317 parti 1 e 2 e certificate come “barriere sicure per gli occupanti dei veicoli” o “barriere integrate con funzioni antirumore ed antisvio”.

Prova accreditata ACCREDIA.

15.3.4 CARICO DELLA NEVE

Le barriere devono resistere alla proiezione di neve da parte di mezzi spazzaneve; Pertanto si prescrivono valori massimi di deflessione, elastica e permanente, secondo quanto riportato al punto E2 e nell'appendice E della norma UNI EN 1794 – 1.

Prova accreditata ACCREDIA.

15.3.5 RESISTENZA AL FUOCO

Al fine di evitare fenomeni di innesco incendio da parte di fiamme provenienti dalla combustione di sterpaglie od erba o da incendi che si sviluppano nelle proprietà immediatamente adiacenti all'autostrada, vengono prescritti criteri di accettazione secondo quanto definito nel paragrafo A2 dell'allegato A della norma EN 1794 – 2.

Prova accreditata ACCREDIA.

Solo per i prodotti installati in galleria, si prescrive una Classe di reazione al fuoco, secondo UNI EN 13501-1, con le seguenti requisiti:

- contributo al fuoco: A1 e A2 (non combustibili);
- densità dei fumi: s1 (assenza fumi);
- gocce incandescenti : d0 (assenza di gocce entro 600 secondi).

Prova accreditata ACCREDIA.

15.3.6 CADUTA DI FRAMMENTI

Frammenti di barriera, derivanti da rotture a seguito di impatti violenti, non devono costituire elementi di pericolo per gli occupanti dei veicoli o per altre persone poste in vicinanza della barriera. Inoltre è importante che a seguito di urti violenti i pannelli, pur rimanendo integri, non cadano creando pericoli per persone sottostanti, sia dal lato strada che dal lato ricettori.

Pertanto nel caso di barriere posizionate su opere d'arte sovrastanti altre infrastrutture di trasporto o abitazioni, come anche nel caso di barriere poste nelle immediate vicinanze di abitazioni o di aree in cui è probabile lo svolgimento di attività umane, vengono definiti dei criteri di accettabilità secondo quanto riportato nel paragrafo B.3.8. dell'allegato B della norma EN 1794 – 2.

Prova accreditata ACCREDIA.

15.3.7 PROTEZIONE ECOLOGICA

I materiali impiegati nella costruzione delle barriere non devono causare effetti tossici o comunque negativi sull'ambiente circostante, sia durante l'esercizio (rilascio fumi, polveri, odori, fibre dannose, inquinamento acque, ecc.) sia a fine della vita utile, ovvero relativamente allo smaltimento in discariche od inceneritori (sostanze chimiche utilizzate come leganti dei materiali fonoassorbenti, vernici, ecc.). Ogni condizione fisica o chimica, che potrebbe causare il rilascio nell'ambiente di componenti potenzialmente tossici, deve essere dichiarata. Devono essere specificate le composizioni chimiche dei prodotti impiegati, evidenziando le modalità con cui si possono riciclare i materiali impiegati.

Pertanto devono essere opportunamente dichiarati :

- quali sono i singoli materiali che costituiscono il sistema antirumore, utilizzando la nomenclatura chimica ed evitando nomi commerciali;

- quali sono le sostanze che risultano dalla decomposizione a seguito di esposizione naturale durante l'intera vita di servizio del sistema antirumore;
- quali sono le sostanze che risultano dalla esposizione al fuoco del sistema antirumore;
- quali sono le condizioni fisiche o chimiche che potrebbero determinare il rilascio nell'ambiente di sostanze potenzialmente nocive o tossiche per l'uomo e per l'ambiente;
- quali dei materiali costituenti possono venire riciclati ed in quale misura, indicando eventuali limitazioni d'uso;
- quali dei materiali costituenti sono riciclati ed in quale misura;
- quali dei materiali costituenti devono essere smaltiti secondo le particolari procedure, da indicare in dettaglio;
- quali sono gli eventuali benefici legati al riutilizzo dei materiali costituenti, indicando tutte le limitazioni esistenti alle condizioni di trasformazione.

Per tale dichiarazione, il produttore del sistema antirumore per infrastrutture di trasporto può avvalersi anche di attestazioni rilasciate dai produttori dei singoli materiali componenti.

15.3.8 RIFLESSIONE DELLA LUCE

Per evitare fenomeni di abbagliamento, le barriere devono essere testate secondo quanto prescritto nella al paragrafo E.3 e nell'appendice E della norma UNI EN 1794 – 2.

Prova accreditata ACCREDIA.

Occorre infine rispettare le seguenti ulteriori prescrizioni specifiche:

- se non diversamente specificato, tutto il materiale metallico è costituito da acciaio del tipo non inferiore a Fe 360 (S 235 JR secondo EN 10.025);
- le strutture portanti devono essere calcolate e verificate secondo la normativa vigente e in particolare modo secondo i disposti del D.M. 14/01/2008 e successivi aggiornamenti;
- le strutture portanti e tutti gli elementi acustici, in particolare i pannelli trasparenti, metallici, in legno e misti, devono essere verificati alla resistenza a fatica al fine di tenere conto delle vibrazioni indotte dal traffico; la valutazione può essere effettuata sperimentalmente o mediante idonea relazione di calcolo.

Per l'esecuzione delle prove relative alle caratteristiche acustiche e non acustiche elencate ai precedenti punti 1 e 2, devono essere utilizzati laboratori di prova accreditati ACCREDIA.

Transitoriamente, in attesa del completamento in ambito nazionale e comunitario della lista di laboratori qualificati ACCREDIA per l'esecuzione dell'insieme delle prove previste dalle norme EN-UNI 1793 e 1794, si potrà ricorrere a laboratori accettati dal Committente in base a criteri di competenza professionale; in particolare vengono individuati i seguenti laboratori "primari", da utilizzarsi sia per le prove di routine che per la definizione di controversie sulle prestazioni acustiche e non acustiche:

1. Modulo Uno – AISICO
2. Istituto Giordano

15.4 PRESCRIZIONI COSTRUTTIVE E FUNZIONALI DEI PANNELLI ANTIRUMORE

◆ Pannelli in acciaio (al carbonio ed inox)

Lo spessore della lamiera non forata deve essere di almeno 1,0 mm con tolleranze secondo UNI 5753, ad eccezione dei pannelli in acciaio inox (DIN 17440) per cui lo spessore minimo è di 0.8 mm. Tutti i pannelli di acciaio al carbonio, ad eccezione dei pannelli in inox, dovranno essere protetti mediante zincatura eseguita in modo conforme alla EURONORM 147, con granatura di zinco del tipo Z275.

Per quanto riguarda il rivestimento protettivo i pannelli metallici (ad eccezione dei pannelli in acciaio inossidabile) possono essere, in alternativa:

1. preverniciati , con protezione mediante cloruro di polivinile, per uno spessore di verniciatura

non minore di 100 μm ;

2. verniciati e sottoposti ad un trattamento di protezione superficiale contro la corrosione atmosferica secondo i cicli appresso indicati:

- sgrassaggio a 60° C e risciacquo con acqua industriale;
- fosfatazione microcristallina oppure fosfatazione amorfa con fosfati di ferro;
- applicazione di uno strato intermedio di anaforesi o cataforesi o di brugalizzazione, oppure in alternativa un fondo a base epossidica;
- verniciatura finale con applicazione a spruzzo o ad immersione di smalti a base poliestere o poliuretanica (in questo caso è indispensabile un fondo epossidico), oppure con applicazione eletrostatica di polvere a base poliestere;
- polimerizzazione in forno a 140° C.

Lo spessore minimo locale della protezione, comprensivo della zincatura, deve essere 80 μm .

I cicli di verniciatura devono essere effettuati dopo tutte le lavorazioni meccaniche (foratura, piegatura, saldatura, ecc.). Cicli diversi di verniciatura e di zincatura possono essere adottati solo se preventivamente concordati.

Si dovranno prendere gli accorgimenti idonei a ridurre l'ingresso di acqua meteorica o a favorirne la fuoriuscita mediante opportuni fori di drenaggio. Tale requisito può essere valutato effettuando la "prova di tenuta ai liquidi" secondo il metodo di prova ricavato dalla Euronorm 86 per le prove dei serramenti: verrà determinata la quantità di acqua penetrata nei pannelli con acqua spruzzata per 10 minuti (a livello superiore ed inferiore) con portata di 2 l/m² per minuto, ed il valore ottenuto verrà presentato al Committente per accettazione.

Per i pannelli in acciaio, con esclusione dei pannelli in acciaio inox, si prescrivono le seguenti prove e valori minimi per verificare l'idoneità dei cicli di trattamenti protettivi (zincatura e verniciatura).

• Spessore della protezione:

Esigenza minima: 80 μm o il valore dichiarato (si assume il valore più elevato tra i due);

• Aderenza, secondo norma Unichim MU 630:

Esigenza minima: grado 1, sia nell'esecuzione a secco (dry-adesion, a tempo zero), sia dopo l'immersione in acqua a 40 °C per 150 ore (wet adesion);

• Resistenza alla graffiatura, secondo ISO 1518:

Esigenza minima: 60N;

• Resistenza agli urti, secondo norma UNI EN 6272-2:

Esigenza minima: dopo 1000 ore di esposizione deve risultare assenza di blistering e/o di perdita di aderenza; lungo 1'incisione l'ossidazione e la bollatura non devono penetrare per più di 2 mm;

• Resistenza alla corrosione da nebbia salina neutra, secondo norma UNI EN ISO 9227:

Esigenza minima: con una soluzione di NaClAs 5%, procedura ASTM B117-64, dopo 1500 ore l'ossidazione o la bollatura lungo l'incisione non devono penetrare per più di 2 mm. Non sono ammesse alterazioni visive e perdite di aderenza. Applicando un nastro TESA n. 104 sul campione in esame, almeno dopo 4 ore dall'estrazione dello stesso dalla camera, non devono verificarsi distacchi.

♦ **Pannelli in alluminio**

Devono essere realizzati in lega Al-Mn-Mg tipo 3105 (UNI EN573-3), con buona resistenza alla corrosione.

Per tali pannelli lo spessore minimo della lamiera su entrambi i lati, forati e non, è di almeno 1,2 mm; nel caso si applichi sulla lamiera non forata un materiale di appesantimento (smorzante a base bituminosa o di gomma) del peso di almeno 5 kg/m², lo spessore può essere ridotto a 1,0 mm.

Gli elementi dei pannelli in alluminio devono essere pretrattati alla verniciatura mediante opportuni sistemi di decapaggio e di preparazione. L'alluminio non deve essere in contatto con rame o sue leghe

Lo spessore minimo locale della protezione deve essere di almeno 60 μm .

Si prescrivono i seguenti requisiti.

- Spessore della protezione anticorrosiva

Esigenza minima : i valori dichiarati o 60 µm (il maggiore tra i due);

- Aderenza, secondo Unichim MU 630:

Esigenza minima : almeno grado 0;

- Resistenza alla scalfittura, secondo ISO 1518 (solo sulla faccia esposta):

Esigenza minima: 60 N

- Resistenza agli urti, secondo norma UNI EN 6272-2:

Esigenza minima : per caduta di una massa di 1 kg da un'altezza da 30 cm sulla faccia esposta, non devono verificarsi screpolature o distacchi su entrambe le facce;

- Resistenza all'umidità, secondo norma UNI EN 6270.1:

Esigenza minima (dopo 1500 ore di esposizione) comprovata da corrosione e/o bollatura lungo l'incisione con penetrazione al massimo pari a 2 mm. Non e' ammessa nessuna altra alterazione visiva o perdita di aderenza.

- Resistenza alla corrosione da nebbia salina neutra, secondo norma UNI EN ISO 9227:

Esigenza minima: dopo 1500 ore l'ossidazione o la bollatura lungo l'incisione non devono penetrare per più di 2 mm. Non sono ammesse alterazioni visive e perdite di aderenza. Applicando un nastro TESA n.104 sul campione in esame, almeno dopo 4 ore dall'estrazione dello stesso dalla camera, non devono verificarsi distacchi.

Le operazioni meccaniche di foratura vanno effettuate prima dei trattamenti protettivi.

◆ **Pannelli in acciaio Cor-Ten**

Devono essere realizzati in acciaio Cor-Ten tipo A-B-C.

Per tali pannelli lo spessore minimo della lamiera su entrambi i lati, forati e non, è di almeno 1,0 mm;

◆ **Materiale fonoassorbente**

Per quanto riguarda il materiale fonoassorbente, sia per i pannelli in acciaio che per quelli in alluminio, esso va inserito, ove previsto, all'interno della struttura metallica scatolata.

Il materiale in oggetto è costituito da complessi porosi fibrosi (minerali, plastici o in legno) o porosi granulari (argilla, pomice, schiume sintetiche).

Per aumentare la durabilità e per evitare impregnazioni e/o ritenzioni di liquidi che possano degradarne le caratteristiche meccaniche ed acustiche, potranno essere impiegati sistemi protetti da una membrana microporosa ed idrorepellente, posizionata verso la sorgente del rumore.

Il materiale deve risultare imputrescibile, inerte agli agenti atmosferici e non infiammabile.

L'impiego di fibre minerali (roccia o vetro) è ammesso esclusivamente se espressamente previsto negli elaborati progettuali: in tal caso deve essere esclusa la classificazione di sostanza pericolosa in relazione a quanto previsto dalla Direttiva 97/69/CE del 5/12/97, tramite fornitura di idonei certificati che attestino il rispetto dei requisiti esplicitati nelle note Q e R; per i materiali fonoassorbenti in fibre minerali (roccia o vetro) sono inoltre prescritte le seguenti caratteristiche:

- 1) grado di igroscopicità secondo norma UNI 6543/69 (tempo di prova 1 giorno). Il grado di igroscopicità non deve essere superiore al 0,2% in volume;
- 2) resistenza all'acqua secondo il seguente procedimento: si pone il provino in esame, di dimensioni 100x100x5 mm, in un contenitore di acqua distillata alla temperatura ambiente e si verifica, dopo 24 h, che non siano avvenuti sfaldamenti del provino e colorazione dell'acqua;
- 3) resistenza al calore secondo il seguente procedimento si pone il provino in esame, di dimensioni 100x100x5 mm, in un forno alla temperatura di 150 °C per 24 H, poggiandolo su una delle facce maggiori e si verifica che non ci siano variazioni della lunghezza e della larghezza del provino di valori superiori a +5%;

4) resistenza alle vibrazioni secondo il seguente procedimento : procedimento: l'elemento acustico, od una sua porzione significativa, disposto in posizione verticale, è sottoposto per 24 h a vibrazione, anch'essa verticale, con livello di accelerazione di 123 dB nell'intervallo di frequenza da 1 Hz a 80 Hz; la vibrazione deve essere trasmessa all'elemento in prova imponendo una scansione a passi di 1 Hz, riproducendo un ciclo completo di scansione ogni 12 min (9 s per singola frequenza). Le prove devono essere effettuate sia su elementi acustici nuovi che elementi acustici sottoposti a cicli di resistenza all'acqua ed al calore (vedi punti 2) e 3) precedenti. Al termine delle prove, l'ancoraggio del materiale fonoassorbente deve avere resistito alla sollecitazione applicata senza sfaldamenti né distacchi del materiale stesso.

5) contenuto di formaldeide inferiore a 20 parti per milione.

Nel caso di fibre plastiche, la densità deve risultare compresa fra 40 e 90 kg/m³; le fibre devono essere termolegati senza l'utilizzo di resine o collanti termoindurenti. È raccomandabile l'uso di fibre plastiche riciclate e colorate in massa.

Nel caso di impiego di argilla espansa con resine epossidico-poliuretaniche, la percentuale di legante deve essere non inferiore al 10% ed il fuso granulometrico compreso fra 0 e 4 mm. Nel caso di legante a base di cemento, si rimanda a quanto riportato nel paragrafo relativo ai pannelli in calcestruzzo, sia per (vedi pag. 76).

Nel caso di impiego di argilla espansa sfusa senza leganti, dovranno essere impiegate protezioni idonee ad impedire la fuoriuscita di granuli e polveri per tutta la vita utile degli elementi acustici.

Pannelli trasparenti

L'impiego di lastre trasparenti nelle barriere antirumore è dovuto ad esigenze di tipo architettonico o inserimento paesaggistico, di visibilità e, in casi specifici, di sicurezza dell'esercizio (garanzia di visuale su corsie di immissione o segnaletica).

I materiali trasparenti comunemente impiegati sono il polimetilmelacrilato, il policarbonato ed il vetro stratificato. Il modulo pannello è realizzato con idonee guarnizioni ed una cornice strutturale portante realizzata in acciaio, alluminio o legno.

Nei paragrafi seguenti sono trattati specificatamente le singole tipologie di materiale trasparente e relativi accessori (guarnizioni / bulloneria).

◆ Pannelli trasparenti con lastre in polimetilmelacrilato (PMMA)

Le lastre di polimetilmelacrilato (PMMA) possono essere di tipo colato conforme alla UNI EN ISO 7823-1 o estruso conforme alla UNI EN ISO 7823-2.

In tabella sono elencate le caratteristiche tecniche del materiale.

| Caratteristiche delle lastre in PMMA | | |
|--|---|---------|
| Caratteristica | Metodo | Valore |
| Massa volumica (kg/m ³) | UNI EN ISO 1183-1:2013 | >1 190 |
| Assorbimento d'acqua (%) | UNI EN ISO 62, metodo 1 (24h, 23°C) le provette sono quadrate, di lato pari a 50 mm e di spessore pari a 3 mm | ≤ 0,5 % |
| Modulo elastico a flessione (Mpa) | UNI EN ISO 178 | ≥ 3 000 |
| Modulo elastico a trazione (Mpa) | UNI EN ISO 527-2/1B/1 | > 3.000 |
| Modulo elastico a trazione dopo invecchiamento (Mpa) | UNI EN ISO 527-2/1B/1 | >2.800 |
| Resistenza a trazione (MPa) | UNI EN ISO 527-2/1B/5 | > 65 |
| Resistenza a trazione dopo invecchiamento (MPa) | UNI EN ISO 527-2/1B/50 | ≥ 60 |

| | | |
|--|---------------------------------|----------------------|
| Resistenza a flessione (Mpa) | UNI EN ISO 178 | >100 |
| Resistenza all'urto Charpy (KJ/m ²) | ISO 179/1 | 10 |
| Temperatura rammollimento Vicat (°C) | ISO 306/B 50 | > 95 |
| Dilatazione termica lineare (1/°C) | UNI 6061 | < 8x10 ⁻⁶ |
| Trasmissione luminosa totale per lastra incolore (%) | UNI EN ISO 13468-1 | > 90 |
| Fattore di trasmissione luminosa a 420 mm: prima dell'esposizione | UNI EN ISO 13468-1 | ≥ 90% |
| Fattore di trasmissione luminosa a 420 mm: dopo l'esposizione alla lampada allo Xenon | UNI EN ISO 4892-2 per 1000 h | ≥ 88% |
| Tensione ammessa sul materiale (fino a 40° C) | --- | ≤ 7 N/mm2 |

Le lastre in PMMA devono essere inserite in un telaio metallico con interposta una guarnizione in EPDM, per una profondità tale da evitare l'uscita delle lastre per effetto della deformazione sotto carico.

Le lastre in PMMA devono potersi dilatare o ritirare in funzione della temperatura.

Lo spessore della lastra deve essere determinato in funzione dei carichi dinamici e statici richiesti, delle dimensioni delle lastre e del tipo di cornice utilizzata. Lo spessore delle lastre di PMMA deve essere non inferiore a 15 mm.

La verifica di resistenza ai carichi dinamici e statici, secondo quanto richiesto dalla UNI EN 1794-1, appendice A, deve essere eseguita sull'intero pannello comprensivo di lastra, guarnizione e cornice metallica.

Analogamente per la prova di impatto e caduta dei frammenti prevista in conformità alla UNI EN 1794-2, appendice B. Per le condizioni di impatto più severe previste dalla norma, oltre ai sistemi tradizionali di ritenuta dei frammenti (rete di contenimento) è possibile utilizzare lastre in PMMA rinforzate internamente con filamenti in poliammide o altro materiale compatibile. Le lastre di PMMA rinforzato devono essere assicurate alla struttura portante (HE o altro) mediante idonei collegamenti come, per esempio, cavetti di sicurezza in acciaio (con una resistenza a trazione non minore di 1 500 N/mm²), fissati sui 4 angoli della lastra in PMMA, a non meno di 140 mm dal bordo. Per l'esecuzione dei fori sulla lastra devono essere rispettate le istruzioni del produttore.

Tra i requisiti di protezione ambientale per le lastre in PMMA deve essere fornita specifica scheda di sicurezza CE per le lastre in PMMA estruso e colato in quanto le due tipologie di materiale vanno trattate in modo diverso in fase di riciclo a fine vita di esercizio.

Per la pulizia delle lastre devono essere programmate operazioni di pulizia periodiche delle lastre di PMMA con acqua in pressione, in conformità alla cadenza temporale dichiarata dal produttore del PMMA.

Al fine di individuare l'onere connesso con la manutenzione degli elementi in PMMA, deve essere indicato il tipo di trattamento a cui occorre che tali elementi siano sottoposti per la rimozione della polvere e dei graffiti.

Le guarnizioni che vengono impiegate a contatto con il PMMA, devono essere realizzate in EPDM o altro materiale compatibile con il materiale trasparente; non devono cioè rilasciare, durante la vita di servizio, prodotti chimici che aggrediscono chimicamente il materiale trasparente.

La geometria della guarnizione deve essere tale da consentire la dilatazione ed il ritiro delle lastre evitando che queste fuoriescano durante la vita di servizio.

Le guarnizioni devono avere le caratteristiche minime elencate nel prospetto.

| Caratteristiche delle guarnizioni | | |
|-----------------------------------|-----------------|---|
| Caratteristica | Metodo di prova | Valore minimo (*) |
| Durezza | UNI EN ISO 868 | 70 ± 5 Shore A/3 (± 3 Shore A/3) |
| Carico di rottura | UNI 6065 | 10 Mpa ($\pm 5\%$) |
| Allungamento a rottura | UNI 6065 | 300% ($\pm 15\%$) |

(*) Tra parentesi sono riportate le variazioni ammesse dopo invecchiamento termico di sette giorni alla temperatura di 70 °C, in conformità alla UNI ISO 188.

La cornice metallica deve essere installata su almeno tre lati della lastra, offrendo a quest'ultima idonea resistenza meccanica per effetto della forma, dello spessore e delle caratteristiche meccaniche del materiale impiegato.

◆ Mitigazioni ambientali per l'avifauna

Le prescrizioni atte a prevenire le collisioni degli uccelli contro i pannelli trasparenti previste sono costituite dall'applicazione di strisce adesive o di strisce sabbiate o fresate sui pannelli.

Sono previste pertanto marcatura aventi le seguenti caratteristiche:

- strisce orizzontali;
- colore bianco (o giallo);
- larghezza: 2 cm;
- spaziatura: 10 cm

Le strisce devono essere applicate verso l'esterno - lato ricettore (direzione di arrivo presumibile degli uccelli, quindi verso l'habitat laterale all'autostrada).

◆ Pannelli in calcestruzzo

Gli elementi che costituiscono la barriera saranno realizzati da una parte portante in calcestruzzo con i seguenti requisiti:

- spessore pannello: >5 cm
- rapporto acqua/cemento: <0,45
- slump: > 16 cm
- acqua essudata :<0,1%
- tipo di cemento: pozzolanico o altoforno
- contenuto in cemento :<450 Kg/m³
- classe minima R'bK 40 N/mm²
- contenuto minimo di cemento in funzione del diametro massimo dell'aggregato

| Diametro (mm) | 30 | 20 | 10 |
|------------------------------|-----|-----|-----|
| Cemento (kg/m ³) | 380 | 400 | 450 |

A discrezione della Direzione Lavori potrà essere richiesta la prova del coefficiente di permeabilità ottenuto con prova a carico costante alla pressione di 1400 kPa su provini di 100 mm di diametro

oppure, preliminarmente ai getti, su provini cubici di spigolo di 150 mm : il valore minimo ammissibile è di 10^{-10} cm/s.

Le componenti in cemento o calcestruzzo dovranno essere additivate di soluzioni idrorepellenti o, in alternativa, trattate in superficie con soluzioni a base di silani, in modo che ne sia comunque garantita la impermeabilizzazione; tutti i trattamenti devono assicurare adeguate caratteristiche di trasparenza, traspirazione, resistenza alle intemperie, agli UV, alle muffe ai cloruri agli alcali ed agli agenti aggressivi presenti nelle acque meteoriche. Il trattamento non deve sviluppare fumi o gas tossici in caso di incendio e deve consentire l'applicazione di opportuni prodotti vernicianti con funzione estetica funzionale. Il trattamento impermeabilizzante non deve compromettere la permeabilità alle onde sonore: tale caratteristica sarà verificata secondo quanto prescritto dalla norma UNI-EN 1793 – 5.

Le proprietà fonoassorbenti (sono assicurate dallo strato in calcestruzzo di argilla espansa o pomice o fibre di legno mineralizzato al silicio), possono essere assicurate:

- da uno strato di calcestruzzo di argilla espansa o pomice o fibre di legno mineralizzato al silicio;
- da elementi modulari vibrocompressi realizzati in calcestruzzo di argilla espansa, pomice o legno mineralizzato al silicio e solidarizzati ad una struttura portante in calcestruzzo o in metallo

Nel caso di impiego di argilla espansa quale elemento base fonoassorbente, tale strato dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- massa volumica in mucchio (secondo UNI 7549) compresa preferibilmente tra 350 e 600 Kg/m³, e comunque mai superiore a 1100 Kg/m³;
- cemento di tipo pozzolanico od altoforno dosato a 180-350 Kg per m³ di inerti;
- resistenza alla compressione dovrà essere in media di 5 N/mm², per pannelli con argilla espansa o pomice, e 2 N/mm² per pannelli con fibre di legno, se misurata su cubetti stagionati con lato 100mm (norma UNI 6130);
- spessore dello strato potrà essere variabile e comunque non dovrà scendere al disotto di 4 cm;
- massa volumica non superiore a (1200) 1400 kg/m³;
- diametro massimo del granulo compreso tra 12 e 15 mm;

Nel caso di impiego di argilla espansa quale elemento fonoassorbente e congiuntamente strutturale e di alleggerimento dei manufatti prefabbricati, tale materiale dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

- inerti leggeri costituiti da granuli in argilla espansa tipo T6 con massa volumica in mucchio compresa tra 600 e 800 Kg/m³
- massa volumica media del granulo 1 kg./l;
- diametro massimo del granulo compreso tra 12 e 15 mm;
- cemento di tipo pozzolanico od alto forno dosato a 350-400 kg per m³ di inerti e non oltre ad evitare di intasare i pori con perdita di efficacia antirumore;
- resistenza caratteristica del calcestruzzo R'_{bK} maggiore od uguale a 25 N/mm² e massa volumica non inferiore a 1200 kg./m³.

Il calcestruzzo di argilla espansa con cui vengono prodotti gli elementi vibrocompressi (blocchi o piastre) dovrà possedere una resistenza media a compressione, misurata su cubetti stagionati con lato 100 mm (norma UNI 6130), non inferiore a 5 N/mm².

In particolare si dovrà porre cura nella realizzazione del giunto tra i pannelli, tra pannello e montante e tra il pannello e il suolo. Eventuali dispositivi per lo smaltimento delle acque al suolo, dovranno essere realizzati impedendo che le onde sonore possano propagarsi al di là dello schermo.

Tutte le fessure tra gli elementi in calcestruzzo saranno riempite con un sigillante che assicuri la perfetta tenuta acustica. assorbimento.

◆ **Rivestimenti muri e gallerie**

Si tratta di elementi con funzioni esclusivamente fonoassorbenti, per i cui requisiti si rimanda a quanto riportato per i materiali fonoassorbenti alle pag. 73 e 76.

◆ **Barriere in calcestruzzo con funzioni integrate di antirumore e sicurezza, complete di dispositivi fonoassorbenti selettivi per campi di frequenza**

Si tratta di barriere New Jersey, dotate di opportuni risuonatori in grado di assorbire principalmente le componenti a frequenza medio-bassa. In deroga a quanto previsto nel paragrafo a, le certificazioni di prequalifica e le misure di accettazione materiali e collaudo, saranno eseguite con il metodo delle onde stazionarie (tubo di Kundt), rispettando le modalità di prova enunciate dalla Norma AFNOR NF S31-065. Si prescrivono i seguenti valori minimi di fonoassorbimento

| Frequenza (hz) | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Assorbimento | 0.25 | 0.35 | 0.40 | 0.50 | 0.55 | 0.45 | 0.35 | 0.25 | 0.20 |

I valori sopra indicati sono la media aritmetica di 5 misure effettuate su sezioni distinte dei risuonatori. In fase di accettazione materiali, prima della posa in opera, la Direzione Lavori farà eseguire misure di controllo su almeno tre elementi prelevati a caso da un lotto omogeneo di produzione rispetto ai valori riportati nella precedente tabella sono ammesse differenze in difetto al massimo in ragione del 5%.

◆ **Pannelli in legno**

I materiali utilizzati devono garantire elevata resistenza alle muffe ed agli agenti atmosferici. Sia il legno massello che i legni lamellari devono essere trattati in autoclave con processo a vuoto e pressione a mezzo di olii minerali ecologici, con una concentrazione di benzo(a)pirene inferiore a 50 ppm ed una concentrazione di fenoli solubili in acqua inferiore al 3%. A seguito di tale trattamento il legno deve risultare protetto, sia in superficie che in profondità, dall'attacco di funghi ed insetti, secondo classe di rischio 4 della norma EN-335-1, ed inoltre non deve risultare come "rifiuto tossico nocivo" ai sensi della normativa vigente. Dopo il trattamento in autoclave, deve essere eseguito un trattamento superficiale con impregnanti pigmentati a base di resine oleourethaniche e pigmenti metallici, al fine di colorare il legno e proteggerlo dai raggi UV.

Nel caso di utilizzo di legni duri (quebracho, azobè, golden tek, bongossi, castagno) è ammessa la non impregnazione, ma in tal caso i legnami devono essere garantiti come rientranti nelle norme di corretta gestione forestale, e certificati da apposito ente. Per tali tipologie di legno, relativamente alla struttura portante del pannello, sono richieste le seguenti caratteristiche:

- resistenza alla compressione assiale > a 1.000 kg/cm²;
- resistenza alla flessione > a 2.200 kg/cm²;
- modulo di elasticità > a 170.000 kg/cm².

◆ **Pannelli in materiale plastico**

I materiali utilizzati (polietilene, polipropilene, polivinilcloruro, poliestere) devono garantire resistenza allo scorrimento (shrinkage) a temperatura ambiente ed alle alte temperature (70°C), alla fessurazione (creep) e ai raggi ultravioletti. In particolare i pannelli in materiale plastico dovranno essere realizzati con materiale avente un modulo elastico a flessione superiore a 2600 N/mm² secondo la norma DIN 16948.

◆ **Pannelli in laterizio**

Il principio su cui si basa l'assorbimento di tali pannelli deriva dalla proprietà che una cavità possiede di attenuare il rumore per risonanza e dalla capacità di materiale. La massa d'aria contenuta all'interno della cavità sotto l'effetto delle onde sonore incidenti, si pone in vibrazione ed attraverso lo smorzamento dovuto ai molteplici urti sulle pareti ne trasforma l'energia in calore.

L'assorbimento per risonanza, essendo legato alle dimensioni del foro di ingresso e della cavità, funziona per una specifica frequenza, il diagramma del coefficiente di Sabine presenterà allora una cuspide in corrispondenza della frequenza caratteristica descritta: si può quindi ottenere un elevato valore dell'assorbimento per suoni incidenti con frequenza compresa tra i 100 ed i 1000 Hz.

La struttura portante di tali schermature è generalmente costituita da pilastri in cemento armato.

Varianti di questo tipo di pannelli si possono ottenere con blocchi di cemento anch'essi dotati di cavità risonanti.

◆ **Barriere integrate rumore e sicurezza**

Si tratta di sistemi che svolgono contemporaneamente le funzioni di protezioni antirumore e barriere di sicurezza antisvio.

Gli elementi che svolgono le funzioni acustiche possono essere costituiti da pannelli di diverso materiale, con caratteristiche comunque conformi a quanto dettagliato nel presente paragrafo (commi da 3.a.1 a 3.a.8).

Gli elementi che svolgono le funzioni di sicurezza, operando congiuntamente agli elementi acustici, devono avere caratteristiche funzionali tali da soddisfare quanto definito nel Decreto Ministero Infrastrutture e Trasporti del 21 giugno 2004.

◆ **Baffles**

Tali pannelli, utilizzati per la realizzazione di coperture a cielo aperto, devono possedere le seguenti caratteristiche acustiche:

Classe A3 o superiori secondo UNI EN 1793 – 1 : i baffles devono essere montati nella camera di prova così come previsto dagli elaborati progettuali, rispettando cioè le quote relative agli interassi fra i pannelli.

Classe B1 o superiori, secondo UNI EN 1793 – 2 : i baffles devono essere montati fra le due camere riverberanti in modo da costituire uno schermo continuo (in modo similare ai pannelli tradizionali), ma senza interposizione di montanti, adottando idonei accorgimenti (anche se non previsti negli elaborati progettuali) per rendere trascurabile la trasmissione del suono attraverso le giunzioni. Si prescrive un indice minimo di fonoisolamento, D_{LR} , pari a 12 db.

I baffles sono generalmente costituiti da materiale fonoassorbente, con proprietà analoghe a quanto descritto al punto 3.a.3., con interposto un opportuno elemento fonoisolante, costituito da cartone alveolare, lamiera, gomma caricata od altro materiale fonoisolante. In alternativa le proprietà fonoisolanti possono essere ottenute anche mediante impiego di materiale fonoassorbente di appropriata densità. La struttura portante dei pannelli deve essere realizzata in lamiera zincata o estrusi di alluminio, con opportune asolature per il fissaggio alle strutture di supporto principali. Per tali pannelli deve essere prevista un sistema di ancoraggio alle strutture portanti che ne impedisca la caduta sulla sede stradale sottostante.

◆ **Sigillanti, guarnizioni ed accessori metallici**

Il fornitore dovrà specificare preventivamente le caratteristiche tecniche dei materiali utilizzati per i sigillanti e le guarnizioni, specie per quanto riguarda la resistenza all'invecchiamento dell'elastomero utilizzato. Inoltre detti materiali dovranno rispettare la norma DIN 53571. Il profilo della guarnizione dovrà essere studiato in modo tale da evitare la fuoriuscita del pannello nel momento di maggiore sollecitazione ed ammortizzare le vibrazioni dello stesso. Le guarnizioni da utilizzare con i pannelli trasparenti in materiale plastico dovranno essere compatibili con PMMA e PC.

Tutti gli elementi metallici non precedentemente esaminati (bulloneria, rivetti, rondelle elastiche e

non, pietre di base del montanti, distanziatori, tirafondi, ecc.) devono essere in acciaio zincato a caldo in accordo alla norma UNI EN ISO 1461, per uno spessore non inferiore a 60 mm (ad eccezione delle piastre di base per le quali vale quanto indicato per i montanti).

Per quanto riguarda i tirafondi, il materiale deve avere caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle della classe 8.8, mentre le piastre di base saranno realizzate in acciaio con caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle del tipo S275J0 secondo EN 10025. I bulloni devono appartenere alla classe 8.8 - o alla classe prevista dai carichi di progetto – e in ogni caso rispondere alle NT DM 14/01/2008 “Norme tecniche delle costruzioni” e alla Norma UNI EN ISO 898-1:2009.

E' permesso l'utilizzo di pannelli misti acciaio-alluminio con il lato forato in alluminio e il lato pieno in acciaio. Per ognuno dei due lati valgono rispettivamente le prescrizioni presenti per le singole tipologie del presente paragrafo.

15.5 PROVE DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI

Prima della consegna dei materiali in cantiere e comunque entro 90 giorni dalla stipula del contratto l'appaltatore deve consegnare alla Direzione Lavori i certificati che assicurino la marcatura CE dei sistemi e prodotti previsti nell'appalto.

Per la realizzazione dell'intervento saranno accettati solo sistemi e prodotti con proprietà tali da soddisfare tutti le prescrizioni relative alle caratteristiche riportate nella successiva tabella “Prove e Certificazioni”.

I certificati devono essere quindi ottenuti da prove su campioni conformi a quanto riportato negli elaborati dello specifico progetto esecutivo.

Viene comunque applicato il concetto di “famiglia di prodotti”, in particolare:

- per quanto riguarda la resistenza ai carichi dinamici degli elementi strutturali (vento, transito veicoli e pulizia neve) è richiesta la certificazione unicamente della situazione più gravosa;
- per quanto riguarda le caratteristiche acustiche, se nello specifico progetto sono presenti materiali di diversa natura variamente accoppiati (ad esempio pannelli trasparenti interposti a pannelli opachi) o soluzioni costruttive di diverso tipo (ad esempio montanti speciali), si dovrà fornire la certificazione addizionale dell'indice di fonoisolamento DSI relativa a tali giunzioni o punti singolari.
- per le barriere integrate sicurezza-rumore sia le prove di laboratorio (UNI-EN 1793 parti 1 e 2) che le prove in situ (UNI-EN 1793 parti 4, 5 e 6) devono essere eseguite su campioni completi di tutti gli elementi costituenti la barriera di sicurezza (le prove su campioni privi degli elementi costituenti la barriera di sicurezza sono consigliate, ma non obbligatorie).

In caso di incompletezza della documentazione, all'atto del ricevimento in cantiere della fornitura la Direzione Lavori provvederà a prelevare un quantitativo idoneo di materiali e successivamente inviarli ad un laboratorio di prova per l'esecuzione delle prove necessarie a completare le certificazioni richieste. Fino a che non sarà disponibile l'esito delle prove relative alla marcatura CE, il materiale prodotto sarà considerato “in sospeso” e non sarà contemplato negli stati di avanzamento; qualora a seguito di esito negativo delle prove per la marcatura CE o della certificazione di conformità ai requisiti prestazionali richiesti, la Direzione dei Lavori rifiuti una qualsiasi fornitura non idonea, l'Appaltatore dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche richieste: i materiali rifiutati dovranno essere allontanati dal cantiere a cura e spese dello stesso Appaltatore.

TABELLA RIASSUNTIVA PROVE E CERTIFICAZIONI

| Caratteristica | Metodo di Prova | PRESTAZIONI ACUSTICHE | | | | |
|---|-----------------|-----------------------|--------------------|-------------------------------|--|---|
| | | barriera tradizionale | barriera integrata | barriera integrata bifacciale | barriera mista tradizionale + trasparente (**) | barriera mista tradizionale + trasparente (***) |
| Indice valutazione assorbimento acustico $DL_a^{(2)}$ | UNI-EN 1793-1 | > 11 dB | > 7 dB | > 7 dB | > 7 dB | - |
| Indice valutazione isolamento acustico per via aerea $DL_R^{(3)}$ | UNI-EN 1793-2 | > 24 dB | > 24 dB | > 24 dB | > 24 dB | > 24 dB |
| Indice valutazione riflessione sonora $DL_{RI}^{(2)}$ | UNI-EN 1793-5 | > 8 dB | > 6 dB | > 6 dB | > 5 dB | - |
| Indice valutazione isolamento acustico per via aerea DL_{SI} – elementi acustici ⁽³⁾ | UNI-EN 1793-6 | > 27 dB | > 23 dB | > 22 dB | > 27 dB (*) | > 27 dB (*) |
| Indice valutazione isolamento acustico per via aerea DL_{SI} – montanti ⁽³⁾ | UNI-EN 1793-6 | > 24 dB | > 20 dB | > 19 dB | > 24 dB | > 24 dB |

(*) la prova deve essere effettuato in corrispondenza di una sezione di barriera in cui siano presenti pannelli in metallo e trasparenti e in corrispondenza di eventuali punti di giunzione (trasparente – fonoassorbente)

(**) tipologia con percentuale di trasparente inferiore al 30%

(***) tipologia con percentuale di trasparente superiore al 30%

| PRESTAZIONI NON – ACUSTICHE | | |
|---|---------------------------|---|
| Caratteristica | Metodo di Prova | Valori richiesti ⁽¹⁾ |
| Resistenza al carico aerodinamico ed al carico statico per pannelli verticali ⁽⁴⁾ | UNI-EN 1794-1 Appendice A | $\geq 0.90 \text{ kN/m}^2$ |
| Resistenza al carico aerodinamico ed al carico statico per pannelli non-verticali (coperture ed aggetti) ⁽⁵⁾ | UNI-EN 1794-1 Appendice A | $\geq 1.50 \text{ kN/m}^2$ |
| Peso proprio (a secco – bagnato – bagnato ridotto) ⁽⁶⁾ | UNI-EN 1794-1 Appendice B | $\geq 0.2 ; \leq 0.5 ; \leq 0.3 \text{ kN}$ |
| Resistenza al peso proprio ⁽⁶⁾ | UNI-EN 1794-1 Appendice B | $\geq 1.20 \text{ kN}$ |
| Resistenza all'impatto causato da pietre ⁽⁶⁾ | UNI-EN 1794-1 Appendice C | Appendice C paragrafo C.2 |
| Sicurezza nelle collisioni (solo per barriera integrata) | UNI-EN 1794-1 Appendice D | UNI-EN 1317-2, classe H4 |
| Pericolosità da caduta di frammenti ⁽⁶⁾ | UNI-EN 1794-2 Appendice B | Classe 3 o 5 o 6 |
| Resistenza al carico da rimozione neve ⁽⁷⁾ | UNI-EN 1794-1 Appendice E | $\geq 10 \text{ kN/2mx2m}$ |
| Resistenza all'incendio da sterpaglie ⁽⁷⁾ | UNI-EN 1794-2 Appendice A | Classe 3 |
| Riflessione luce (20° - 60° - 85°) ⁽⁶⁾ | UNI-EN 1794-2 Appendice E | $\leq 0.30-0.60-0.90$ |
| Protezione ambientale ⁽⁶⁾ | UNI-EN 1794-2 Appendice C | Nessuna sostanza pericolosa |

1. I certificati si devono riferire a campioni conformi a quanto previsto nel progetto esecutivo. Non sono ammessi scostamenti dai valori richiesti.
2. Devono essere fornite le certificazioni relative a:
 - campione, completo di montante, formato dai pannelli in alluminio previsti per le protezioni antirumore verticali;
 - campione, completo di elementi di fissaggio. Per quanto riguarda l'indice di valutazione della riflessione sonora, DL_{RI}, è ammesso di effettuare la prova disponendo i pannelli a terra, purché vengano riprodotte nel modo più fedele possibile le reali condizioni di funzionamento dei pannelli, formato dai pannelli metallici previsti per le protezioni antirumore orizzontali;
 - campione, completo di elementi fissaggio, formato dagli elementi costituenti i rivestimenti muri o gallerie. Per tali elementi il valore ammissibile dell'indice di assorbimento acustico, DL_A, e di riflessione acustica, DL_{RI}, deve risultare $\geq 8 \text{ dB}$.
3. Devono essere fornite le certificazioni relative a:
 - campione, completo di montante, formato dai pannelli in alluminio previsti per le protezioni antirumore verticali;
 - campione completo di struttura portante, formato dai pannelli metallici previsti per le protezioni antirumore orizzontali; Per quanto riguarda l'indice di valutazione dell'isolamento acustico per via aerea, DL_{SI}, è consentito di disporre i pannelli in verticale, purché vengano riprodotte nel modo più fedele possibile le reali condizioni di funzionamento dei pannelli (soprattutto per quanto concerne la tenuta fra i pannelli e fra pannelli ed elementi strutturali di sostegno/supporto).
 - campione, completo di struttura portante, formato dai pannelli trasparenti previsti per le protezioni antirumore.
 - campione, completo di copertura, formato da struttura portante e dai pannelli trasparenti previsti per le protezioni antirumore.
4. La certificazione deve essere effettuata relativamente ai soli elementi acustici (UNI-EN 1794-1, Appendice A paragrafo A.3.3) e non relativamente agli elementi strutturali (UNI-EN 1794-1, Appendice A paragrafo A.3.2). Deve essere fornita la certificazione relativa ad un campione formato dai pannelli in alluminio previsti per le protezioni antirumore verticali.

5. Le certificazioni devono essere effettuate relativamente ai soli elementi acustici (UNI-EN 1794-1, Appendice A paragrafo A.3.3) e non relativamente agli elementi strutturali (UNI-EN 1794-1, Appendice A paragrafo A.3.2). Devono essere fornite le certificazioni relative ad un campione formato dai:
 - pannelli metallici previsti per le protezioni antirumore non-verticali (coperture ed aggetti);
 - pannelli trasparenti, completi di telaio, previsti per le protezioni antirumore.
6. Devono essere fornite le dichiarazioni relative a tutte le tipologie di pannelli antirumore, verticali ed orizzontali. Per quanto riguarda i rivestimenti muri e gallerie non si applicano le prescrizioni relative al peso proprio; per quanto riguarda la protezione ambientale, le certificazioni o dichiarazioni del Fornitore devono riguardare tutti i materiali costituenti gli elementi acustici (pannelli e rivestimenti muri e gallerie).
7. Devono essere fornite le certificazioni relative a campioni, completi di montanti o sistemi di fissaggio, formati dalle tipologie di pannelli metallici previsti per le protezioni antirumore verticali (barriera tradizionale e barriera integrata) e per i rivestimenti di muri e gallerie.

15.6 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

15.6.1 PROTEZIONE AMBIENTALE

Ai fini della protezione dell'uomo e dell'ambiente, per tutti i materiali utilizzati per la realizzazione delle barriere antirumore, si applicano le prescrizioni di cui al UNI-EN 1794-2:1998, allegato C.

Per i materiali dovranno essere fornite anche le schede dei dati di sicurezza secondo il D.Lgs 16/07/1998, n. 285. In ogni caso non è ammesso l'uso di materiali per la cui produzione occorrono sostanze previste dagli elenchi riportati dal Decreto Ministero della Sanità del 29/07/1994.

15.6.2 CONFORMITÀ DI PRODUZIONE

L'appaltatore deve essere in possesso della certificazione del sistema di gestione della qualità secondo ISO 9001.2000. Per le costruzioni saldate il Costruttore deve essere in possesso della certificazione ai sensi della norma UNI EN ISO 3834 nelle parti corrispondenti alla entità e difficoltà dell'appalto.

Tutti i materiali devono pervenire in cantiere provvisti di certificazione di provenienza, effettuata dal fornitore, completa di manuale della qualità attestante le procedure messe in atto per garantire la conformità di produzione.

In particolare devono essere esplicitate le procedure attraverso cui si garantiscono le caratteristiche acustiche e non acustiche dei prodotti, come riportate nei paragrafi 1, 2, 3 e 4 sia per quanto riguarda l'approvvigionamento delle materie prime, la selezione dei fornitori, le fasi di lavorazione (capacità di processo), le prove di laboratorio ed il trattamento delle non-conformità.

Al fine di definire comuni criteri di controllo validi per tutti i Fornitori, il Committente può predisporre visite valutative presso le unità produttive del Fornitore: tali visite potranno essere svolte sia in fase di preselezione che di fornitura dei materiali, e, nel caso di gravi inadempienze, potranno dar luogo sia a prescrizioni vincolanti che alla sospensione della fornitura.

15.6.3 RESISTENZA AL FUOCO

Tutte le barriere devono garantire un grado di resistenza al fuoco, secondo il D.M. 9.03.2007, il D.M. 09.05.2007 . L'esigenza minima dovrà essere il rispetto della classe REI 30.

Nei casi in cui le barriere acustiche siano ad una distanza inferiore a 10 m da edifici od oggetti dove esiste pericolo d'incendio, esse devono essere costituite da materiale non infiammabile (classe A, secondo DIN 2102). Per barriere acustiche costituite da elementi difficilmente infiammabili, ma tuttavia combustibili, sarà necessario impiegare montanti non combustibili in grado di agire da sbarramento antincendio tra i pannelli stessi; dopo un tratto di 30 m di pannelli non infiammabili per

almeno 6 m di lunghezza. In caso di incendio i materiali non devono produrre gas tossici.

15.6.4 COLORAZIONI

Su richiesta, i pannelli dovranno essere verniciati secondo uno dei colori della gamma RAL previsti in progetto.

La tonalità di colore dovrà variare il meno possibile, ma in nessun caso in modo vistosamente irregolare (non sono ammesse formazione di macchie).

Solo dietro consenso da parte della Direzione Lavori, saranno ammesse barriere con variazioni cromatiche rispetto a quelle sopra riportate.

Durante il periodo di garanzia sono accettabili variazioni di colore non superiori a due unità della scala dei grigi per pannelli adiacenti e variazioni di colore non superiori a 3 unità della scala del grigi per la barriera nel suo insieme.

15.6.5 TENUTA ACUSTICA

La costruzione delle barriere deve essere tale da evitare assolutamente che, anche dopo scadenza del periodo di garanzia, si producano punti non a tenuta dovuti all'azione di agenti atmosferici, ad alterazione di materiali, a deformazioni, ecc. Per garantire la durata dell'ermeticità tra pannello e pannelli è prescritto un accoppiamento sigillante a tenuta acustica da descrivere negli elaborati di progetto.

15.6.6 RESISTENZA AGLI AGENTI ATMOSFERICI

Tutta la barriera deve essere costruita in modo da evitare in ogni punto il ristagno dell'acqua. In particolare, per i pannelli compositi l'acqua deve fuoriuscire facilmente dai singoli pannelli (fori sul fondo) e non ristagnare sia fra pannello e pannello, sia fra pannello inferiore della barriera e superficie di appoggio.

Elementi provvisti di fori in sommità devono essere chiusi con profili di copertura, questi ultimi devono essere fissati sui montanti con possibilità di dilatarsi a causa delle variazioni di temperatura.

15.6.7 SISTEMI DI FISSAGGIO PER PREVENIRE L'ASPORTAZIONE DEI PANNELLI

Nei casi in cui l'installazione delle protezioni consenta un facile accesso alla parte retrostante della barriera, deve essere predisposto un sistema/metodo per impedire l'asportazione dei pannelli; il progetto di tale sistema/metodo deve essere preventivamente sottoposto all'approvazione della D.L..

15.6.8 SISTEMI ANTIGRAFFITI

Nei casi in cui l'installazione delle protezioni consenta un facile accesso alla barriera, devono essere predisposti dei sistemi/prodotti in grado di ridurre/minimizzare atti vandalici, in particolare l'imbrattamento delle pareti mediante graffiti.

15.6.9 MONTAGGIO

Il montaggio in opera di tutte le strutture costituenti ciascun manufatto sarà effettuato in conformità a quanto è previsto nella relazione di calcolo e negli elaborati progettuali. 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.

Le parti a contatto con funi, catene od altri organi di sollevamento saranno opportunamente protette. Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto. In particolare, per quanto riguarda le strutture a travata, si dovrà controllare che la controfrecce 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 centrali 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. 14 febbraio 1992 sopraccitato, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con uno di diametro superiore. Nei collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza è prescritta l'esecuzione della sabbiatura a metallo bianco non più di due ore prima dell'unione.

È ammesso il serraggio dei bulloni con chiave pneumatica purché questo venga controllato con chiave dinamometrica, la cui taratura dovrà risultare da certificato rilasciato da Laboratorio ufficiale in data non anteriore ad un mese. Per ogni unione con bulloni, l'Impresa effettuerà, alla presenza della Direzione Lavori, un controllo di serraggio su un numero di bulloni pari al 10% del totale ed in ogni caso su non meno di quattro. Dopo il completamento della struttura e prima dell'esecuzione della prova di carico, l'Impresa dovrà effettuare la ripresa della coppia di serraggio di tutti i bulloni costituenti le unioni, dandone preventiva comunicazione alla Direzione del Lavori.

L'assemblaggio ed il montaggio in opera delle strutture dovrà essere effettuato senza che venga interrotto il traffico del cantiere sulla sede stradale salvo brevi interruzioni durante le operazioni di sollevamento, da concordare con la Direzione Lavori.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Impresa è tenuta a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata e in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tramvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo.

La geometria è indicata negli elaborati grafici di progetto e va assolutamente rispettata. Salvo eventuali modifiche, da sottoporre all'approvazione, i montanti vanno messi in opera ortogonalmente rispetto alla livellata fino a che questa non superi la pendenza del 3%.

Per pendenze superiori è ammesso il montaggio scalettato con passo da stabilire di volta in volta. In questo caso la distanza da terra del bordo superiore del pannelli deve essere ovunque non inferiore a quella ottimale prevista ai fini della fonoassorbenza.

Per quanto possibile ogni interruzione della barriera deve essere protetta da uno schermo opportunamente arretrato e di lunghezza pari almeno all'interruzione più due volte la distanza tra la barriera principale e barriera arretrata.

Sui viadotti, ponti o altri luoghi, o per revisione di progetto, o su richiesta, può essere previsto che una o più file inferiori di pannelli non siano fonoassorbenti per un'altezza di circa 1 m, conservando però le loro proprietà fonoisolanti. Per il resto (aspetto esterno, protezione anticorrosiva, ecc.) essi devono corrispondere il più possibile ai pannelli superiori. Tale fascia inferiore potrà essere costituita da muretti, parapetti o simili.

I collegamenti ai manufatti, alle porte di emergenza, i giunti di dilatazione, ecc. dovranno essere realizzati, mediante dispositivi a tenuta acustica, a regola d'arte. Anche fra i montanti ed i pannelli devono essere previste guarnizioni acusticamente ermetiche.

Allo scopo di evitare la propagazione delle onde sonore dovute all'irregolarità delle superfici in calcestruzzo, tra i pannelli e le lastre prefabbricate (e rispettivamente tra i pannelli e le fondazioni in calcestruzzo) deve essere previsto un elemento sigillante.

Laddove, sui ponti, viadotti, ecc., anche a causa della presenza delle piastre ai piedi dei montanti, si crea un interstizio tra pannelli e cordolo, il fornitore deve proporre un dispositivo acusticamente ermetico che non causi però il ristagno di acqua tra calcestruzzo e pannelli. Per ragioni di sicurezza, tutti i materiali utilizzati devono essere difficilmente infiammabili in modo da escludere ogni pericolo d'incendio.

Nei casi in cui le barriere acustiche siano ad una distanza inferiore a 10 m da edifici od oggetti dove esiste pericolo d'incendio, esse devono essere costituite da materiale non infiammabile (classe A,

secondo DIN 2102). Per barriere acustiche costituite da elementi difficilmente infiammabili, ma tuttavia combustibili, sarà necessario impiegare montanti non combustibili in grado di agire da sbarramento antincendio tra i pannelli stessi. In caso di incendio i materiali non devono produrre gas tossici.

Su richiesta, i pannelli devono essere verniciati secondo uno dei colori della gamma RAL. In mancanza di indicazioni il colore standard sarà il RAL 6021. La tonalità di colore deve variare il meno possibile, ma in nessun caso in modo vistosamente irregolare (non sono ammesse formazione di macchie).

Solo dietro consenso da parte della Direzione Lavori, sono ammesse barriere con variazioni cromatiche rispetto a quelle sopra riportate. Durante il periodo di garanzia sono accettabili variazioni di colore non superiori a due unità della scala dei grigi per pannelli adiacenti e variazioni di colore non superiori a 3 unità della scala dei grigi per la barriera nel suo insieme.

La costruzione delle barriere deve essere tale da evitare assolutamente che, anche dopo scadenza del periodo di garanzia, si producano punti non a tenuta dovuti all'azione di agenti atmosferici, ad alterazione di materiali, a deformazioni, ecc. Per garantire la durata dell'ermeticità tra pannello e pannello è prescritto un accoppiamento sigillante a tenuta acustica da descrivere negli elaborati del progetto costruttivo predisposto dal Fornitore.

Tutta la barriera deve essere costruita in modo da evitare in ogni punto il ristagno dell'acqua. In particolare, per i pannelli compositi l'acqua deve fuoriuscire facilmente dai singoli pannelli (fori sul fondo) e non ristagnare fra i singoli pannelli o fra il pannello inferiore e superficie di appoggio.

Elementi provvisti di fori in sommità devono essere chiusi con profili di copertura, questi ultimi devono essere fissati sui montanti con possibilità di dilatarsi a causa delle variazioni di temperatura.

Per tutti i pannelli disposti su opere d'arte (ponti, viadotti, sovrappassi), costituenti coperture della carreggiata stradale (sia sistemi baffles che coperture totali) o per i pannelli posti a distanza da edifici abitativi inferiore a 10 m, deve essere predisposto un sistema di ritenuta/aggancio che impedisca il distacco/caduta dalle strutture portanti (tale prescrizione vale anche nel caso di pannelli di classe C3 o C6 testati secondo la procedura "caduta di frammenti" di cui al paragrafo 2).

15.7 PORTE DI SERVIZIO

Le porte di servizio, ove necessarie e/o richieste, devono essere apribili verso l'esterno rispetto alla sede stradale, in genere, con gli stessi elementi acustici costituenti il sistema antirumore. In corrispondenza di tali porte devono essere previste scale di servizio in conformità alle norme di sicurezza vigenti. Le porte di servizio devono essere adeguatamente segnalate (vedere UNI EN 1794-2).

Le porte di servizio devono avere dispositivi di apertura:

- azionabili dall'esterno con l'uso di chiavi (preferibilmente una chiave unica per ogni tratto omogeneo del sistema antirumore);
- azionabili dall'interno con maniglione di tipo "antipanico" senza richiedere l'uso di chiavi.

Ove ne sia previsto l'impiego, la progettazione di dette porte di servizio e la loro dislocazione lungo l'opera, deve essere preventivamente approvata dal committente.

Per le porte di servizio è richiesto un indice di valutazione del potere fonoisolante in conformità alla UNI EN 1793-2 (DL_R), calcolato utilizzando lo spettro normalizzato di rumore per la tipologia di veicoli transitanti sull'infrastruttura di trasporto, che ricada nella medesima categoria di quello degli elementi acustici impiegati.

15.8 PARTICOLARITÀ COSTRUTTIVE DELLA BARRIERA

La geometria della barriera indicata negli elaborati grafici dovrà essere rigorosamente rispettata in fase di esecuzione. Qualora si rendano necessari adattamenti del profilo, si richiede la preventiva approvazione del progettista.

I materiali costituenti le barriere devono essere forniti nei colori previsti a Progetto, scelti per una corretta integrazione dell'opera con l'ambiente circostante.

Tutta la barriera deve essere costruita in modo da evitare in ogni punto il ristagno dell'acqua. In particolare per i pannelli composti l'acqua deve fuoriuscire facilmente dai singoli pannelli e non ristagnare sia fra pannello e pannello sia tra pannello inferiore della parete e superficie di appoggio. Le soluzioni costruttive devono consentire la rimozione della barriera senza che occorra la demolizione della relativa fondazione. I getti di bloccaggio dovranno essere effettuati con idonee malte cementizie di tipo reoplastico.

Dovranno essere previsti dispositivi atti a impedire l'asportazione dei pannelli.

Qualora previsto a Progetto tutte le componenti metalliche della barriera devono essere rese equipotenziali e collegate all'impianto di messa a terra elettrico. Per le modalità di messa a terra e per il dimensionamento elettrico dell'impianto si dovrà fare riferimento alla Norma CEI 9.6 vigente.

15.9 COLLAUDO ACUSTICO DELLA BARRIERA ANTIRUMORE

Le prestazioni globali della barriera antirumore (insertion-loss) verranno verificate entro 90 giorni dalla data di conclusione dei lavori e verranno eseguite ripetendo nelle medesime postazioni di misura, i rilievi ed i monitoraggi acustici effettuati in fase di progetto: i dati delle misure verranno normalizzati ai valori di traffico previsti a progetto (volumi, velocità e composizione) secondo le procedure descritte nella relazione acustica esecutiva.

16 MONTANTI METALLICI ED ELEMENTI STRUTTURALI

16.1 PRESCRIZIONI E ONERI GENERALI

L'Appaltatore (Costruttore o Fornitore di materiali o servizi) è tenuto a elaborare un Piano di Controllo della Qualità per tutte le fasi della costruzione e della fornitura. Tale documentazione potrà essere approvata da Soc. Autostrade o per suo conto dall'Ente di Controllo Designato, che possa dimostrare una consolidata esperienza e competenza nel campo delle opere metalliche.

Gli elementi strutturali in metallo saranno di regola saldati. Il processo di saldatura è considerato "speciale" poiché le caratteristiche meccaniche e talvolta la stessa qualità del giunto non possono essere compiutamente descritte dai solo controlli non distruttivi sul giunto finito. E' pertanto necessario che il processo produttivo venga compiutamente descritto nel PCQ ed il progetto della saldatura (quaderno delle saldature comprendente il tipo e la localizzazione dei giunti, il procedimento di saldatura previsto per ogni giunto, la WPS certificata i saldatori destinati al lavoro e le relative certificazioni), come il PCQ, venga preventivamente approvato da Soc. Autostrade o per suo conto dall'Ente di Controllo Designato. In caso di necessità e prima dello svolgersi delle operazioni di saldature verranno apportate le integrazioni o correzioni al fine di predisporre le condizioni oggettive più favorevoli al raggiungimento dei requisiti di progetto. Per quanto riguarda il tipo e l'entità dei controlli non distruttivi, se non diversamente indicato sui disegni di progetto e fatta salva la facoltà della D.L. di prevedere un programma diverso di controllo, il Costrutto è tenuto al controllo visivo esteso al 100% dei giunti saldati propedeutico al controllo strumentale, al controllo magnetoscopico esteso al 5% dei giunti saldati ed al 10% del controllo radiografico (ove applicabile) o ultrasonoro dei giunti principali saldati a piena penetrazione. Il criterio di accettabilità dei difetti, se non altrimenti specificato a disegno, sarà quello indicato per la classe di qualità "C" della norma UNI EN ISO 5817. In caso di esito negativo sistematico dei controlli interni del Costruttore oppure dei controlli di verifica a spot eseguiti da Soc. Autostrade o dall'Ente di Controllo Designato, la percentuale verrà adeguatamente estesa fino al 100%"

Il quaderno di saldatura verrà infine completato con i resoconti dei controlli intermedi e finali a cura di personale certificato per il metodo di controllo, costituendo documentazione finale a sostegno del collaudo.

16.2 REQUISITI DEL COSTRUTTORE

I Costruttori di carpenteria metallica sono da intendersi come "Centri di trasformazione" ai sensi delle Norme Tecniche previste dal Decreto Ministeriale del 14-01-2008 "Norme tecniche di costruzione" e come tali sono tenuti a rispettare le prescrizioni in esso contenute.

Pertanto il Costruttore di carpenteria metallica, deve essere dotato di una organizzazione interna che permetta un'adeguata gestione di tutte le attività di saldatura di officina e/o di cantiere concorrenti alla realizzazione dell'opera.

Ai sensi delle citate Norme tecniche di costruzione, il Costruttore deve disporre di una struttura organizzativa conforme ai requisiti della norma UNI EN ISO 9001-2000, certificata da un organismo terzo indipendente di adeguata competenza ed organizzazione.

Inoltre il Costruttore di manufatti metallici realizzati mediante giunzioni saldate deve essere certificato ai sensi della norma UNI EN ISO 3834 nelle parti corrispondenti alla entità e difficoltà dell'appalto, da un organismo terzo indipendente di adeguata competenza ed organizzazione. In particolare è richiesto che:

- ci sia almeno un Coordinatore di Saldatura dipendente del Costruttore approvato da Soc. Autostrade o per suo conto dall'Ente di Controllo Designato;
- il personale addetto alla saldatura sia certificato secondo UNI EN 287 per i procedimenti manuali o semiautomatici, ovvero secondo UNI EN 1418 per i procedimenti automatici;
- il personale addetto ai controlli non distruttivi sia certificato secondo UNI EN ISO 473;
- le specifiche di procedura di saldatura siano certificate secondo UNI EN ISO 15614 ed approvate da Soc. Autostrade o per suo conto dall'Ente di Controllo Designato;
- venga garantita nel "luogo di lavorazione", la permanenza delle caratteristiche meccaniche e geometriche, del materiale originario, anche attraverso una serie di specifici controlli.

16.3 REQUISITI DELL'ENTE DI CONTROLLO DESIGNATO

Tale Ente deve possedere almeno i seguenti requisiti :

- costituire parte sicuramente indipendente per forma giuridica, con pluriennale esperienza nella verifica della progettazione, fabbricazione e controllo delle strutture metalliche;
- avere un settore specificamente dedicato alle attività di controllo non distruttivo delle strutture metalliche ed avere in organico personale certificato di livello 3 e di livello 2 secondo UNI EN 473;
- avere in organico proprio personale con i requisiti di "Coordinatori di saldatura" secondo quanto indicato nella norma UNI EN ISO 14731
- avere ottenuto, per l'opera soggetta a controllo, l'autorizzazione, da parte della Soc. Autostrade, ad eseguire o sovraintendere ai controlli richiesti dalla presente specifica per l'opera in esame.

E' titolo di preferenza per l'Ente di Controllo designato possedere un proprio laboratorio in conformità alle prescrizioni della norma UNI EN CEI 17025 che esegua con continuità e con accreditamento ACCREDIA, le prove di caratterizzazione dei materiali metallici, per la certificazione delle procedure di saldatura e per la certificazione del personale addetto all'esecuzione dei giunti saldati.

Società Autostrade si riserva la facoltà di eseguire con proprio personale qualificato i compiti attribuiti all'Ente designato.

16.4 REQUISITI GENERALI

Gli elementi strutturali in metallo devono essere realizzati in acciaio al carbonio con caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle del tipo SJ275J0 in conformità alla UNI EN 10025 e zincati a caldo per immersione in conformità alla UNI EN ISO 1461, per uno spessore non inferiore a 85 µm, previo ciclo di sabbiatura SA 2112 oppure trattamento di decapaggio chimico.

Inoltre è richiesto un ulteriore trattamento della superfici, subito dopo la zincatura, secondo il seguente sistema.

- 1) applicazione di mano di fondo a base di pittura epossidica;
- 2) applicazione di mano di copertura a base di pittura poliuretanica;
- 3) i requisiti minimi della mano di fondo sono funzione del tipo di ambiente; essi corrispondono a quanto descritto nei rispettivi punti 4.1 delle norme UNI 9863, UNI 9864, UNI 9865 e UNI 9867;
- 4) i requisiti minimi del ciclo completo sono funzione del tipo di ambiente; essi corrispondono a quanto descritto al 4.1 della norma UNI 9862.

Lo spessore minimo locale della protezione, compreso lo spessore della zincatura, deve essere di almeno 230 µm in modo da realizzare una superficie esente da pori.

Nel caso di utilizzo di vernici a polvere lo spessore minimo locale garantito deve essere di almeno 150 µm.

Il fornitore deve comunque indicare il sistema del trattamento previsto per la protezione ant corrosiva della superficie dei diversi elementi ed allegare le schede tecniche dei prodotti vernicianti impiegati e le modalità di applicazione.

Le prove previste sul montante sono le seguenti:

- verifica della zincatura;
- misura degli spessori degli strati protettivi;
- controllo della rispondenza dei prodotti vernicianti alle Norme Tecniche (all'uopo il fornitore dovrà presentare, unitamente al montante, 2 barattoli da 1 Kg per ciascuno dei prodotti vernicianti impiegati).

Sull'acciaio dei montanti devono essere effettuate tutte le prove meccaniche e chimiche previste dal D.M.14.01.2008 "Norme tecniche per le Costruzioni".

Tutti i singoli valori dovranno rispettare le prescrizioni del predetto DM per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche e alle tabelle UNI corrispondenti per quanto riguarda le caratteristiche chimiche.

16.4.1 Utilizzo di Acciaio Cor-Ten

E' previsto la possibilità di utilizzo di acciaio Cor-Ten per la realizzazione dei manufatti metallici quali montanti metallici o pali tubolari.

L'acciaio COR-TEN è un acciaio "a basso contenuto di elementi di lega e ad elevata resistenza meccanica".

Le due principali caratteristiche che lo distinguono sono:

Elevata resistenza alla corrosione (CORrosion resistance);

Elevata resistenza meccanica (TENSile strength).

L'acciaio COR-TEN, durante l'esposizione allo stato non pitturato alle diverse condizioni atmosferiche, si riveste di una patina uniforme e resistente, costituita dagli ossidi dei suoi elementi di lega, che impedisce il progressivo estendersi della corrosione.

In relazione alla diversa composizione chimica e allo spessore, i tre tipi di COR-TEN presentano differenti caratteristiche di resistenza alla corrosione atmosferica e di resistenza meccanica.

Pertanto c'è la possibilità di scegliere il tipo di acciaio più idoneo alle proprie esigenze:

il tipo A, particolarmente adatto per applicazioni architettoniche;

i tipi B e C, che meglio si prestano nel caso di strutture fortemente sollecitate.

Le caratteristiche dei prodotti COR-TEN soddisfano alle prescrizioni previste dalle norme ASTM, presentando tuttavia proprietà superiori.

| | |
|------------|--|
| ASTM A 242 | Lamiere, barre, profilati |
| ASTM A 374 | Lamiere sottili, larghi nastri, nastri stretti laminati a freddo |
| ASTM A 375 | Lamiere sottili, larghi nastri, nastri stretti laminati a caldo |

16.4.1.1 Cort-Ten A

La composizione chimica del COR-TEN A, comunemente denominata "al fosforo", conferisce a questo tipo di acciaio una **resistenza all'attacco degli agenti atmosferici da cinque a otto volte superiore a quella di un comune acciaio al carbonio.**

Il COR-TEN A è impiegato allo stato non pitturato e si rivela particolarmente idoneo per applicazioni "architettoniche". In ogni caso il dettaglio della tipologia adottata sarà riportata negli elaborati strutturali.

In atmosfera industriale o rurale, la corrosione del COR-TEN A non verniciato si arresta dopo aver provocato una diminuzione di spessore di circa 0,05 millimetri, mentre, in ambiente marino progredisce leggermente col passare degli anni, pur rimanendo decisamente inferiore a quella riscontrata nei comuni acciai al carbonio.

Il COR-TEN A viene normalmente prodotto in spessori fino a 12,5 millimetri.

Composizione chimica % (analisi di colata)

| C | Mn | P | S | Si | Cu | Cr | Ni |
|---------|-------------|-------------|----------|-------------|-------------|-------------|---------|
| <= 0,12 | 0,20 , 0,50 | 0,07 , 0,15 | <= 0,035 | 0,25 , 0,75 | 0,25 , 0,55 | 0,30 , 1,25 | <= 0,65 |

Caratteristiche meccaniche (su provette prelevate in senso longitudinale)

| Tipo di prodotto | prova di trazione | | | | | prova di piega | | |
|--|-----------------------------|--|--------------------------|------|------|----------------|------|---|
| | snervamento Rs Kg/mmq | resistenza a trazione Rm Kg/mmq | allungamento minimo %(*) | | | a | D | |
| | | | A | A 8" | A 2" | | | |
| Larghi Nastri Nastri Stretti Lamiere Barre Profilati | <= 12,5 mm | >= 35 | >= 49 | 22 | 19 | 24 | 180° | a |

(*) quando non diversamente specificato, la prova di allungamento viene eseguita su provetta A.

Per laminati a freddo, o prodotti richiesti allo stato normalizzato, i valori minimi di snervamento (Rs) e di resistenza (Rm) vengono ridotti di 3,5 Kg/mmq.

In casi particolari, su richiesta dell'utilizzatore, il COR-TEN A può essere fornito per applicazioni "architettoniche" anche in spessori superiori a 12,5 mm fino ad un massimo di 76 mm.

In questi casi però le caratteristiche meccaniche risultano modificate secondo le indicazioni del seguente prospetto:

| Tipo di prodotto | prova di trazione | | |
|------------------|-------------------|------------|--------------------------|
| | snervamento | resistenza | allungamento minimo %(*) |

| | | Rs Kg/mmq | a trazione Rm Kg/mmq | A | A 8" | A 2" |
|----------------------|-------------------|--------------|----------------------------|----|------|------|
| lamiere Profilati | < 12,5 , 38 mm | >= 33 | >= 47 | 22 | 19 | --- |
| Lamiere | < 38 , 76 mm | >= 30 | >= 44 | 22 | --- | 24 |

(*) quando non diversamente specificato, la prova di allungamento viene eseguita su provetta A.

16.4.1.2 Cort-Ten B

Questo tipo di COR-TEN, comunemente denominato "al vanadio", è caratterizzato da una composizione chimica che permette di mantenere elevate caratteristiche meccaniche anche in forti spessori.

La resistenza alla corrosione atmosferica è di circa quattro volte superiore a quella di un comune acciaio al carbonio.

Anche il COR-TEN B può essere impiegato allo stato non pitturato, senza tuttavia raggiungere effetti estetici simili a quelli del COR-TEN A.

I prodotti in COR-TEN B, data la gamma estesa di spessori in cui sono disponibili (fino ed oltre i 100 mm), trovano vasta applicazione in tutte quelle costruzioni, anche complesse, in cui sono richieste elevata resistenza meccanica e buona resistenza alla corrosione atmosferica.

Composizione chimica % (analisi di colata)

| C | Mn | P | S | Si | Cu | Cr | V |
|-------------|-------------|---------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0,10 , 0,19 | 0,90 , 1,25 | <=0,025 | <= 0,035 | 0,15 , 0,30 | 0,25 , 0,40 | 0,40 , 0,65 | 0,02 , 0,10 |

Caratteristiche meccaniche (su provette prelevate in senso longitudinale)

| Tipo di prodotto | | prova di trazione | | | prova di piega | | | | |
|-------------------------------|--------------------|-----------------------------|--|--------------------------|----------------|------|-----------|----------------|------|
| | | snervamento Rs Kg/mmq | resistenza a trazione Rm Kg/mmq | allungamento minimo %(*) | A | A 8" | A 2" | spessore mm | a |
| Lamiere Barre Profilati | >= 12,5 , 38 mm | >= 35 | >= 49 | 20 | 19 | 21 | <= 19 | 180° | a |
| | | | | | | | > 19 , 25 | 180° | 1,5a |
| | | | | | | | > 25 , 38 | 180° | 2a |
| | | | | | | | > 19 , 25 | 180° | 2,5a |

(*) quando non diversamente specificato, la prova di allungamento viene eseguita su provetta A.

Per prodotti richiesti allo stato normalizzato, i valori minimi di snervamento (Rs) e di resistenza (Rm) vengono ridotti di 3,5 Kg/mmq.

Potrà essere esaminata, di volta in volta, la possibilità di fornire lamiere aventi spessore < 12,5 millimetri, oppure > 100 millimetri.

16.4.1.3 Cort-Ten C

Il COR-TEN C, introdotto sul mercato più recentemente, presenta una resistenza meccanica notevolmente superiore agli altri due tipi (A e B), pur conservando caratteristiche di **resistenza alla corrosione atmosferica è di circa quattro volte superiori a quelle degli acciai al carbonio.**

Il tipo C offre quindi nuove interessanti possibilità di impiego per l'acciaio COR-TEN, specialmente in quelle applicazioni per le quali le moderne tecniche di progettazione richiedono materiali aventi una resistenza meccanica sempre più elevata.

I prodotti in COR-TEN C, vengono fabbricati con spessori fino a 25,5 millimetri. Fanno eccezione i profilati il cui spessore massimo è di 19 millimetri.

Composizione chimica % (analisi di colata)

| C | Mn | P | S | Si | Cu | Cr | V |
|-------------|-------------|---------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0,12 , 0,19 | 0,90 , 1,35 | <=0,025 | <= 0,035 | 0,15 , 0,30 | 0,25 , 0,40 | 0,40 , 0,70 | 0,04 , 0,10 |

Caratteristiche meccaniche

(su provette prelevate in senso longitudinale)

| Tipo di prodotto | | prova di trazione | | | | | prova di piega | | |
|--------------------|------------|-----------------------------|--|--------------------------|------|------|----------------|------|------|
| | | snervamento Rs Kg/mmq | resistenza a trazione Rm Kg/mmq | allungamento minimo %(*) | | | spessore mm | a | D |
| Lamiere e Barre | <= 25,5 mm | | | A | A 8" | A 2" | | | |
| Lamiere e Barre | <= 25,5 mm | >= 42 | >= 56 | 20 | 16 | 21 | <= 19 | 180° | a |
| profilati | <= 19 mm | | | | | | > 19 , 25,5 | 180° | 1,5a |

(*) quando non diversamente specificato, la prova di allungamento viene eseguita su provetta A.

Per prodotti destinati ad essere sottoposti a trattamento di normalizzazione, il contenuto massimo di carbonio (C) può essere elevato allo 0,22% e quello di manganese (Mn) all'1,45%.

In tal caso, lo spessore massimo di fornitura può essere portato a 38 millimetri.

16.4.1.4 Ulteriori informazioni

- Limite di snervamento al taglio

Uguale al limite di snervamento a trazione

- Resistenza al taglio

70% della resistenza a trazione

- Modulo di elasticità

19.600 , 21.000 Kg/mmq

- Temperatura di transizione corrispondente a 3,5 Kgm/cmq. Kv(vapore medio indicativo)*

0° C

- Coefficiente di dilatazione lineare nell'intervallo fra – 46°C e 65°C

0,0000117

Lavorabilità**Piegatura a freddo**

La piegatura del COR-TEN può essere effettuata a freddo fino a spessori di 12,5 millimetri purché si tengano presenti i minimi raggi di curvatura riportati sulla seguente tabella:

| spessore mm | raggio minimo di piegatura (a = spessore) | | |
|-------------|---|--------|--------|
| | tipo A | tipo B | tipo C |
| <= 1,5 | a | --- | --- |
| >1,5 , 6 | 2a | 2a | 3,5a |
| >6 , 12,5 | 3a | 3a | 3,5a |

Per spessori superiori, o per piegature più severe, è consigliabile la piegatura a caldo.

Formatura a caldo

Per la formatura a caldo del COR-TEN non sussistono problemi particolari. Si consiglia tuttavia di effettuare il riscaldo ad una temperatura non superiore a 1.100° C e di terminare l'operazione di formatura ad una temperatura compresa fra 815° C e 900° C.

Il raffreddamento conseguente alla formatura a caldo non produce apprezzabile indurimento del materiale, quindi, se la lavorazione è stata eseguita in modo corretto, non sono necessari trattamenti termici finali.

È senz'altro sconsigliabile l'esecuzione della formatura a caldo ad una temperatura inferiore ai 650°C.

Saldatura

L'acciaio COR-TEN può essere saldato in tutti gli spessori e con tutti i più comuni metodi di saldatura:

- Ad arco con elettrodi rivestiti
- Ad arco sommerso
- Ad arco sotto gas protettivo
- A resistenza.

Nella maggior parte dei casi possono essere adoperati materiali di apporto comunemente adottati per la saldatura di acciai al carbonio-manganese aventi caratteristiche meccaniche simili a quelle del COR-TEN.

Qualora invece il COR-TEN venga utilizzato allo stato "nudo" per impieghi architettonici e la saldatura sia effettuata in più di due passate, è consigliabile che, per le ultime due passate, vengano usati elettrodi al 2% o al 3% Ni; in tal modo si otterranno cordoni di saldatura con una colorazione simile a quella dell'acciaio COR-TEN.

In ogni caso è necessario rispettare le temperature minime di pre-riscaldo riportate sulla tabella sottoindicata, che sono valide per materiali di saldatura a basso idrogeno.

| spessore mm | temperatura minima di ambiente o di pre-riscaldo | | |
|-------------|--|-----------|-----------|
| | COR-TEN A | COR-TEN B | COR-TEN C |
| <= 12,5 | 10°C | 10°C | 10°C |
| >12,5 , 25 | 10°C | 10°C | 40°C |
| > 25 , 50 | 40°C | 40°C | --- |
| > 50 | 100°C | 100°C | --- |

Nel caso sia previsto l'impiego di materiali non a basso idrogeno o i pezzi da saldare siano fortemente vincolati, sarà opportuno adottare temperature di pre-riscaldo più elevate.

16.5 UNIONI

16.5.1 *Unioni bullonate*

16.5.2 *Norme di riferimento*

CNR 10011 – Costruzioni in acciaio Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.

UNI EN ISO 898-1:2001 Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio - Viti e viti prigioniere.

UNI EN 20898-2 Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento. Dadi con carichi di prova determinati. Filettatura a passo grosso

UNI 10331:1994 Dadi esagonali autofrenanti bassi interamente metallici con elemento elastico non agente direttamente sulla filettatura. Filettatura metrica. ISO a passo grosso e fine. Categorie A e B.

16.5.2.1 Classi dei bulloni

In accordo con i documenti progettuali, per le giunzioni ad attrito, si dovranno utilizzare unicamente bulloni delle classi 8.8 e 10.9

16.5.2.2 Prescrizioni e controlli

Tutte le giunzioni bullonate a prescindere da quanto previsto nel progetto dovranno essere munite di sistemi di bloccaggio atti ad evitare lo svitamento del dado e di conseguenza l'inefficacia o la perdita di efficienza dell'unione. Tali sistemi potranno essere costituiti da controdado, rosetta elastica metallica secondo le disposizioni normative di cui al punto 15.1.2, o latro sistema opportunamente certificato.

Tutti i materiali utilizzati per la produzione di viti, bulloni e relativi accessori dovranno essere conformi alle norme UNI EN ISO 898-1 e UNI EN 20898-2

16.5.3 *Unioni saldate*

16.5.3.1 Norme di riferimento

UNI EN ISO 4063:2001. Saldatura, brasatura forte, brasatura dolce e saldobrasatura dei metalli - Nomenclatura dei procedimenti e relativa codificazione numerica per la rappresentazione simbolica sui disegni.

UNI EN 287-1:2004 Prove di qualificazione dei saldatori - Saldatura per fusione- Parte 1: Acciai Decreto Ministeriale del 14-01-2008 "Norme tecniche di costruzione"

UNI EN 12062:2004 - Controllo non distruttivo delle saldature. Regole generali per i materiali metallici

UNI EN 1011-1:2009 Saldatura – raccomandazioni per la saldatura dei materiali metallici – parte 1: Guida generale per la saldatura ad arco

16.5.3.2 Tipi di saldatura

Possono essere impiegati i seguenti procedimenti:

- saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti;
- saldatura automatica ad arco sommerso;
- saldatura automatica o semiautomatica sotto gas protettore (CO₂ o sue miscele);

Per manufatti in acciaio S 275 (ex Fe 430) devono essere impiegati elettrodi del tipo E 44 di classi di qualità 2, 3 o 4; per spessori maggiori di 30 mm o temperatura di esercizio minore di 0 °C saranno ammessi solo elettrodi di classe 4B;

Per manufatti in acciaio S 355 (ex Fe 510) devono essere impiegati elettrodi del tipo E 52 di classi di qualità 3 B o 4 B; per spessori maggiori di 20 mm o temperature di esercizio minori di 0 °C saranno ammessi solo elettrodi di classe 4B.

16.5.3.3 Prescrizioni e controlli

L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori; per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè

raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione. Per maggiori dattagli fare riferimento alla norma UNI EN 12062:2004.

16.6 SALDATURE

16.6.1 Norme di riferimento

Elenco delle normative di riferimento per la qualifica del processo di saldature, dei saldatori, per i controlli non distruttivi delle saldature e per il calcolo.

- 1) Qualifica del procedimento di saldatura in arco elettrico, con riferimento:
 - D.M. 14.01.2008 "Norme tecniche per le costruzioni"
 - Qualifica procedure di saldatura in accordo con UNI EN ISO 15614-1:2005

(Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Prove di qualificazione della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco e a gas degli acciai e saldatura ad arco del nichel e leghe di nichel. Gen. 05)

- 2) Qualifica saldatore ed operatore di saldature semiautomatica, relativa al procedimento suddetto.
 - Qualifica operatori secondo la norma UNI 1418.
 - Qualifica saldatore in accordo con UNI EN ISO 287-1:2004

(Prove di qualificazione dei saldatori - Saldatura per fusione - Parte 1: Acciai -Set. 04)

- 3) Controllo non distruttivo delle saldature
 - Esame visivo e dimensionale UNI EN 970 e UNI 15817 - Controllo non distruttivo di saldature per fusione - esame visivo
 - Magnetoscopia UNI EN 1290 del 31/03/00 Controlli non distruttivi delle saldature. Controllo magnetoscopico con particelle magnetiche delle saldature.
 - Controllo mediante ultrasuoni dei giunti saldati. Livelli di accettabilità UNI EN 1712:2005
 - Controllo mediante ultrasuoni dei giunti saldati. UNI EN 1714:2005
- 5) Metodo di calcolo
 - D.M. 14.01.2008 "Norme tecniche per le costruzioni"

16.7 ACCESSORI METALLICI

Tutti gli elementi metallici non precedentemente contemplati (viti, dadi, rivetti, rondelle elastiche, distanziatori, piastre di base dei montanti, tirafondi, ecc.) devono essere scelti avendo cura di evitare i problemi di corrosione catodica dovuta al diverso valore del potenziale elettrochimico dei materiali a contatto. In particolare questi elementi devono essere in acciaio inossidabile (ad eccezione delle piastre di base per le quali vale quanto indicato per i montanti). Per quanto riguarda le piastre di base saranno realizzate con acciaio con caratteristiche meccaniche pari a quelle del tipo S275J0 secondo la norma UNI EN 10025 (ex Fe 430C secondo la Norma UNI EN 10025 Ed. 2/1992).

Bulloni ad alta resistenza conformi per le caratteristiche dimensionali delle viti alle UNI 5712 e per quelle dei dadi alle UNI 5713 appartenenti alla classe 8.8 e 6S della UNI 3740 e UNI EN 20898 associata nel modo indicato nel prospetto 2 - III della CNR-UNI 10011/85.

16.8 ZINCATURA

La protezione mediante zincatura di manufatti metallici, ove richiesta dai documenti di progetto e/o da altre sezioni delle presenti Norme Tecniche sarà eseguita con le modalità ivi previste e secondo le norme UNI EN 1461.

La D.L. potrà fare accertare in ogni momento sui prodotti presenti in cantiere la corrispondenza delle caratteristiche di resistenza, di composizione e di applicazione.

A richiesta della D.L. potranno essere eseguite le seguenti prove:

- determinazione della massa dello strato di zincatura con metodo auperie (UNI 5741-66)
- prova di uniformità dello strato di zincatura secondo disposto dalla UNI 5741-66, 5743-66, 5744-66, 5745-66.

16.8.1 PRESCRIZIONI ED ONERI PARTICOLARI

La Ditta dovrà aver cura di immagazzinare e ritoccare tutte le parti di opera in maniera tale da non danneggiare il rivestimento già applicato. Ogni eventuale danneggiamento dovrà essere riparato mediante ritocchi del rivestimento stesso; modalità di tali interventi dovranno essere opportunamente specificate e comunicate alla D.L.

16.8.2 CONTROLLI QUALITÀ

Le modalità, numero e tipologia di controlli saranno indicati dalla D.L..

16.9 VERNICIATURA

Tutte le opere in ferro dovranno essere accuratamente sabbiate così come previsto dal progetto e/o dalla tipologia dei materiali applicati.

Il livello di sabbiatura dovrà essere, come minimo, pari al grado SA 2-1/2 delle norme SIS 05 5900 e tale da permettere in ogni caso un ottimo attacco della mano di fondo del ciclo.

Il rivestimento protettivo dovrà essere composto da almeno due mani di prodotti vernicianti.

Cicli alternativi potranno essere usati solo dopo approvazione delle D.L.

I cicli previsti sono due:

a) Ciclo "A"

Il rivestimento dovrà essere formato come minimo da due mani di prodotti vernicianti.

Le caratteristiche di composizione degli strati dovranno essere le seguenti:

I strato - Mano intermedia del tipo epossi-poliammidico;

- tipo di legante : epossidico
- tipo di pigmento : fosfato di zinco
- peso specifico : 1380 ± 50 g/l
- solidi in volume : % 56 ± 2
- spessore del film secco : 80 micron
- metodo di applicazione : pennello, rullo, airless

Il strato - Caratteristiche formulative della mano di finitura del tipo poliuretanico riverniciabile:

- tipo di legante : poliuretanico con indurente poliisocianico alifatico
- peso specifico : 1400 ± 50 g/l
- solidi in volume : % 57 ± 2
- spessore del film secco : 80 micron
- metodo di applicazione : pennello, spruzzo, airless

b) Ciclo "B"

Il rivestimento dovrà essere formato come minimo da due mani di prodotti vernicianti.

Le caratteristiche di composizione degli strati dovranno essere le seguenti:

I e II strato - Mano intermedia e di finitura del tipo acrilico in emulsione acquosa:

- tipo di legante : copolimeri acrilici in emulsione acquosa
- peso specifico : 1300 ± 50 g/l
- solidi in volume : % 44 ± 2
- spessore del film secco : 80 micron per strato
- N° di strati : 2
- metodo di applicazione : pennello, airless

16.9.1 VERNICIATURA A POLVERE

In alternativa e solo dopo approvazione della D.L. può essere adottato un trattamento di verniciatura a polveri con le seguenti caratteristiche.

Il trattamento protettivo superficiale delle carpenterie , deve essere eseguito con vernici in polvere di poliestere polimerizzate in forno a $180-200^{\circ}\text{C}$, secondo il seguente ciclo:

- sgrassaggio a temperatura costante di $50-60^{\circ}\text{C}$.
- lavaggio con acqua di rete a temperatura ambiente.
- disossidazione a temperatura ambiente.
- lavaggio con acqua demineralizzata a temperatura ambiente.
- conversione per acciaio zincato a temperatura costante di $30-40^{\circ}\text{C}$.
- lavaggio con acqua demineralizzata a temperatura ambiente.
- asciugatura con temperatura costante di $80-100^{\circ}\text{C}$.
- applicazione elettrostatica automatica di vernice in polvere a spessore controllato, spessore minimo 80 micron .
- polimerizzazione in forno a temperatura di $180-200^{\circ}\text{C}$
- Controllo della verniciatura (colore,brillantezza,spessore,Aderenza e resistenza alla corrosione)

La "prima fase attiva" è uno sgrassaggio alcalino con il compito di rimuovere le parti oleose e di asportare chimicamente le difettosità superficiali.

La "seconda "fase attiva" è una disossidazione acida ed elimina completamente i residui carboniosi, possibili patine generate dall'attacco alcalino, ma soprattutto condiziona la superficie predisponendola attivamente al trattamento di conversione.

Le due fasi attive iniziali preparano la superficie in maniera tale da ottenere il massimo della conversione chimica.

La "terza fase attiva" è una conversione superficiale, esente cromo, basata su una soluzione di **fluotitanazione** con filmante organico.

16.9.1.1 Normative di riferimento

- UNI EN ISO 12944 "Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura"
- UNI EN ISO 2409: Prove di quadrettatura
- UNI ISO 9227: Prove in nebbia salina
- ISO 6270: Condensa in acqua
- UNI EN ISO 1514: Provini unificati per le prove

16.9.2 OPERAZIONI DI RITOCCO

Le operazioni di ritocco saranno eseguite ad opera montata, la metodologia prevede:

Accurata spazzolatura meccanica e/o manuale delle parti interessate. Le zone a ferro nudo dovranno presentare un grado di pulizia assimilabile al grado ST 3 delle norme SIS 05 5900

Applicazione a pennello di pittura epossipoliammidica "surface tollerant"

- | | |
|----------------------------|--------------------------------|
| - peso specifico: | : 1450 g/l |
| - solidi in volume: | : % 80 ± 2 |
| - spessore del film secco: | : in accordo al ciclo previsto |
| - colore: | : secondo RAL di progetto |

Prima dell'applicazione del successivo strato finale bisognerà rimuovere dalle superfici gli eventuali incoerenti depositatisi (polvere, unto ecc.)

16.9.3 CARATTERISTICHE DI RESISTENZA (CHIMICO-FISICHE)

Le caratteristiche di resistenza (chimico-fisiche) si intendono per cicli di verniciatura anticorrosiva applicati su supporti in acciaio sottoposti ad invecchiamento artificiale.

In fasi di qualifica per l'invecchiamento artificiale sarà previsto un ciclo così composto:

| AGENTE AGGRESSIVO | DURATA | TEMPERATURA |
|--|--------|-------------|
| Radiazione ultravioletta | 6H | 60°C |
| Corrosione per immersione continua in soluzioni aerate (UNI 4261-66) | 12H | 35°C |
| Corrosione in nebbia salina (UNI EN ISO 9227) | 12H | 35°C |
| Radiazione ultravioletta | 12H | 60°C |

durante questo ciclo di invecchiamento artificiale verranno eseguiti i controlli riportati di seguito:

- a) *Ingiallimento:* secondo norma DIN 53230 il prodotto di finitura deve essere non ingiallente (prova su prodotto non pigmentato).

- b) *Ruggine e blistering:* (ASTM D71456) (DIN 53230):

Ciclo "A" Blistering: I strato = 9 F

I strato = 9 M

Il strato = 9 F

Ruggine: RO (ruggine assente)

Ciclo "B" Blistering: 1 strato = 9 M

Il strato = 9 M

III strato = 9 F

Ruggine: RO (ruggine assente)

- c) *Controllo dell'aderenza:*

- secondo l'ASTM D-3359 metodo A (spess. sup. 125 microns) e metodo B (spess. inferiore ed uguale a 125 microns), con risultati non inferiori a 4A e 4B.

- d) *Controllo dei tempi di essiccazione e sovraverniciatura:*

- secondo i metodi e le prescrizioni dichiarate dai fornitori delle vernici.

- e) Controllo dello spessore del film secco:

- si determinerà con idonei strumenti non distruttivi tipo MIKROTEST, DIAMETER od equivalente. Il numero dei controlli sarà in accordo a quanto di seguito indicato.

- f) *Resistenza all'abrasione:*

- si determinerà solo su prodotto di finitura mediante Taber Aeraser, con mola tipo CS 10, dopo 1000 giri con carico di un 1 Kg. Il valore espresso come perdita in peso dovrà essere inferiore a 100 mg.

- ### a) *Brillantezza*:

- controllata mediante Glassometro Gardner con angolo di 60 gradi, dovrà avere un valore finale non inferiore al 10% del valore iniziale.

- #### **h) Misurazioni di spessore sul film secco :**

- Misurazioni di spessore sul film secco dovranno essere rilevate sia su superfici primerizzate che su quelle trattate con ciclo completo.
 - Per misurazione di spessore si intende la rilevazione strumentale dello spessore secco.
 - Le misurazioni dovranno essere dei due tipi qui di seguito indicati:

k.1) Misurazione "singola":

Per misurazione "singola" si intende il valore risultante dalla rilevazione strumentale dello spessore in un solo punto.

k.2) Misurazione "spot":

- Per misurazione "spot" si intende il valore risultante dalla media di tre letture "singole" eseguite in un'area compresa in un cerchio di circa 30 mm di diametro. Il valore dello spessore risultante non dovrà essere inferiore al 90% dello spessore minimo richiesto.

- La misurazione "spot" dello spessore dovrà essere ripetuta in cinque aree diverse. La media aritmetica delle cinque rilevazioni "spot" non dovrà mai essere inferiore al minimo spessore richiesto.

Quanto sopra descritto costituisce il numero di operazioni da fare per ottenere una misura "spot". In caso di sottospessore si ripeteranno misure "spot" addizionali in aree vicine, in caso di risultato ancora negativo, l'Applicatore ripristinerà a proprio carico lo spessore richiesto.

- k.3) *Numeri di controlli:* Le misure "spot" andranno effettuate su tutta la lunghezza e su tutto il perimetro del profilo inserendo nella verifica tutte le tipologie previste, nella misura di:

- Fino a 1000 m² - un numero di misure "spot" equivalente al 1,5% del totale della superficie.
- Da 1000 a 5000 m² - un numero di misure "spot" equivalente al 0,75% del totale della superficie con un minimo di 30.
- Da 5000 a 15.000 m² - un numero di misure "spot" equivalente al 0,5% del totale della superficie con un minimo di 75.
- Oltre 15.000 m² - un numero di misure "spot" equivalente allo 0,25% del totale della superficie con un minimo di 150.

Se, durante i controlli, si evidenzieranno difetti di verniciatura (gocciolamenti, vescicamenti, ecc.) o aderenze, ecc. non conformi a quanto richiesto, l'Applicatore è tenuto a riportare le superfici difettose nel grado d'accettabilità richiesto.

Le superfici vernicate dovranno essere esenti da difetti tipo cricature fangose (mud-cracking), gocciolature, sottospessori, sovraspessori, bruciature (dry-spray), ecc.

16.9.4 PROVE DI ACCETTAZIONE DEI PRODOTTI

La Ditta dovrà a sua cura e spese preventivamente inviare ad un Laboratorio qualificato ed accettato dalla D.L. i campioni dei prodotti componenti il ciclo con relativi diluenti in contenitori sigillati del peso di 0,500 Kg e nel numero di tre per ogni prodotto (uno di questi campioni non deve essere pigmentato).

I pigmenti necessari per il raggiungimento del tono di colore richiesto dovranno essere, sottratti alla quantità percentuale di solvente.

Controllata la rispondenza del rivestimento con le caratteristiche di resistenza richieste, i prodotti componenti il ciclo saranno identificati mediante analisi spettrofotometrica all'infrarosso.

16.9.5 PRESCRIZIONI ED ONERI PARTICOLARI

- A) La Ditta dovrà aver cura di immagazzinare e ritoccare tutte le parti di opera in maniera tale da non danneggiare il rivestimento già applicato. Ogni eventuale danneggiamento dovrà essere riparato mediante ritocchi del rivestimento stesso; modalità di tali interventi dovranno essere opportunamente specificate e comunicate alla D.L.
- B) Tutti i prodotti vernicianti e/o solventi dovranno essere conservati secondo le modalità previste dal fornitore, ed in ogni caso in luogo asciutto, areato non soggetto ad esposizione diretta dei raggi del sole e non esposto al gelo. Particolare cura sarà posta alla data di scadenza dei prodotti.
- C) Tutti i materiali di risulta dovranno essere portati a discariche autorizzate, tenendo in particolare conto il fatto che questi possono essere inquinanti.

16.9.6 CONTROLLI QUALITÀ

Le modalità, numero e tipologia di controlli saranno indicati dalla D.L..

16.9.7 CICLO DI VERNICIATURA CON Pittura ignifuga intumescente

Verniciatura protettiva di strutture metalliche costituita da pittura ignifuga intumescente atta all'isolamento al fuoco e retardante 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 minimo del film secco dovrà essere ≥ 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 alle curve temperatura/tempo e rispondere a quanto specificato nella norma EN 13381-4:2002 e a quanto riportato nel par. 3.6.1 delle NT2008 D.M. 14.01.2008 e dalla circolare DM 16 febbraio 2007.

Circa le temperature, i tempi ed il grado di umidità per le operazioni di sovraverniciatura si farà riferimento a quanto indicato dalla Direzione Lavori.

17 RIPRISTINO/ADEGUAMENTO D'ELEMENTI STRUTTURALI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

17.1 MATERIALI PER IL RIPRISTINO DI SUPERFICI DEGRADATE

17.1.1 GENERALITÀ

Si terrà presente, in linea generale, che scopo prioritario del ripristino delle strutture in conglomerato cementizio è ricreare la sagoma di progetto del manufatto in corrispondenza dei punti degradati garantendo:

- monoliticità tra il vecchio calcestruzzo ed il materiale con cui viene eseguito il ripristino;
- resistenza agli agenti aggressivi dell'ambiente d'esercizio.

Per prolungare la vita utile della struttura sarà indispensabile garantire agli interventi di ripristino la massima durabilità, per questo si farà costante riferimento alla UNI EN 1504-9 ed in particolare sarà necessario:

- eseguire indagini per il riconoscimento delle cause dei fenomeni di degrado, per individuare le aree su cui intervenire e gli spessori di calcestruzzo incoerente o contaminato da asportare;
- scegliere le tecniche d'intervento in funzione del tipo di elemento strutturale (orizzontale o verticale), degli spessori e dell'estensione dell'intervento;
- definire i requisiti che devono garantire i materiali utilizzati per il ripristino;
- scegliere i materiali verificando che le prestazioni fornite soddisfino i requisiti richiesti;
- definire nel progetto in modo accurato ed inequivocabile le fasi esecutive;
- verificare, prima dell'inizio dei lavori, che i materiali proposti dall'impresa rispettino le specifiche prestazionali richieste;
- eseguire controlli sia in fase preliminare, che in corso d'opera, che sulle opere finite.

In funzione dello spessore di applicazione il progetto indicherà la tecnica d'intervento ed i tipi di materiale da impiegare, in accordo alle specifiche del presente articolo, o di quelle indicate negli elaborati di progetto.

Nei paragrafi seguenti vengono definiti i materiali, con i loro requisiti e prestazioni, da applicare secondo le tecniche indicate, nonché le prove ed i controlli sull'intervento di ripristino/adeguaamento.

17.1.2 INDAGINI

Lo scopo delle indagini è quello di:

- identificare le cause dei difetti;
- stabilire l'estensione e la profondità dei difetti stessi;
- verificare se i difetti siano destinati ad estendersi a parti della struttura attualmente non danneggiate;
- valutare la resistenza del calcestruzzo in sito;
- stabilire l'effetto dei difetti sulla sicurezza strutturale;
- identificare tutte le posizioni in cui possono essere necessarie riparazioni o protezione.

Le indagini che vengono eseguite più di frequente si riferiscono alla possibilità che si siano verificati fenomeni di carattere:

- chimico (fenomeni di corrosione, attacco solfatico, azione di acque aggressi-ve);
- fisico (cicli gelo/disgelo, azione del fuoco);
- meccanico (azione del sisma, urti, ecc.).

La corrosione dell'armatura è la causa più frequente dei fenomeni di degrado delle opere d'arte stradali, tale corrosione può innescarsi in tempi più o meno lunghi conseguentemente alla carbonatazione del calcestruzzo e alla penetrazione di cloruri.

17.1.3 DEFINIZIONE DEI MATERIALI PER IL RIPRISTINO

I materiali per il ripristino/adeguamento sono suddivisi nelle seguenti categorie:

- leganti, malte, betoncini e calcestruzzi a base cementizia aventi caratteristiche espansive: questi prodotti sono certamente i più diffusi negli interventi di restauro; il loro requisito fondamentale è l'espansione contrastata in aria che è caratteristica essenziale per garantire monoliticità tra vecchia struttura e materiale di ripristino, la loro scelta deriva inoltre dall'omogeneità di caratteristiche rispetto al calcestruzzo di supporto, dall'elevatissima durabilità (resistenza agli aggressivi ambientali ed alla carbonatazione), dalle prestazioni meccaniche e dalla facilità di applicazione;
- malte cementizie polimero modificate: tali malte garantiscono monoliticità con il supporto grazie alla capacità di adesione del polimero. Vengono generalmente utilizzate quando sia necessario eseguire rasature (1-8 mm) ed interventi di ripristino centimetrici (10-50 mm) di tipo localizzato (aree di ridotta estensione) o di difficile accesso;
- malte RAPIDE a base di speciale legante pozzolanico: questi materiali basano la loro prestazione su una particolare reazione di idratazione del legante che consente di ottenere in brevissimo tempo, anche a temperature estreme (-5°C) elevate prestazioni meccaniche;
- formulati a base di resina: si tratta principalmente di resine di tipo epossidico o vinilestere. Vengono impiegati nel settore del ripristino per interventi speciali di iniezione entro fessure, incollaggi strutturali, inghisaggi di barre di armature, ecc., che non potrebbero essere eseguiti con successo con i materiali cementizi. La loro principale caratteristica è legata alle elevate prestazioni meccaniche (conseguente alla solidità dei legami di polimerizzazione che s'innescano quando la base si unisce all'indurente) e all'elevata adesione a calcestruzzo, acciaio ed ai diversi materiali da costruzione.

I vari tipi di materiale, per i cui requisiti e specifiche prestazionali minime si rimanda ai punti 17.2 e 0, sono così definiti:

MALTE PER RASATURE

Di tipo MR1: malta cementizia, per rasature fini (1-3 mm), polimero modificata, premiscelata, tixotropica, monocomponente, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili.

Di tipo MR2: malta cementizia, per rasature grosse (4-8 mm), polimero modificata, premiscelata, tixotropica, bicomponente, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili.

MALTE TIXOTROPICHE

Di tipo MT1: malta cementizia, premiscelata, tixotropica, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili e fibrorinforzata con fibre inorganiche flessibili caratterizzate da lunghezza 12 mm, diametro 14 µm, resistenza a trazione 1700 MPa, modulo elastico 72000 MPa.

Di tipo MT2: malta cementizia, premiscelata, tixotropica, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, con fibre sintetiche poliacrilonitrili.

Di tipo MT3: malta cementizia premiscelata, tixotropica, bicomponente, polimero modificata, contenente fibre poliacrilonitrili.

MALTE COLABILI

Di tipo MC1: malta cementizia, premiscelata, colabile, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili e fibrorinforzata con fibre inorganiche flessibili caratterizzate da lunghezza 12 mm, diametro 14 µm, resistenza a trazione 1700 MPa, modulo elastico 72000 MPa.

Di tipo MC2: malta cementizia, premiscelata, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, reodinamica, colabile, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili.

Di tipo MC3: malta cementizia, premiscelata, reoplastica, colabile, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, ad elevatissima duttilità, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili e fibrorinforzata con fibre metalliche rigide (di acciaio) caratterizzate da lunghezza 30 mm, diametro 0,6 mm, forma a "catino"; resistenza a trazione > 1200 MPa.

Di tipo MC4: malta a base di uno speciale legante pozzolanico, premiscelata, a rapido indurimento anche a basse temperature, contenente fibre sintetiche in poliacrilonitrile e fibrorinforzata con fibre metalliche rigide (di acciaio) caratterizzate da lunghezza 30 mm, diametro 0,38 mm, resistenza a trazione > 2.300 MPa ad elevatissima duttilità.

BETONCINI COLABILI

Di tipo B1: betoncino cementizio, colabile, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili e fibrorinforzato con fibre inorganiche flessibili caratterizzate da lunghezza 12 mm, diametro 14 µm, resistenza a trazione 1700 MPa, modulo elastico 72000 MPa, ottenuto, aggiungendo alla malta di cui al precedente punto MC1 aggregati selezionati .

Di tipo B2: betoncino cementizio, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, reodinamico, colabile, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili, ottenuto, aggiungendo alla malta di cui al precedente punto MC2 aggregati selezionati.

Di tipo B3: betoncino cementizio, reoplastico, colabile, ad espansione contra-stata in aria, con ritentore d'umidità liquido, ad elevatissima duttilità, con-tenente fibre sintetiche poliacrilonitrili e fibrorinforzato con fibre metalli-che rigide (di acciaio) caratterizzate da lunghezza 30 mm, diametro 0,6 mm, for-ma a "catino"; resistenza a trazione > 1200 MPa, ottenuto, aggiungendo alla mal-ta di cui al precedente punto MC3 aggregati selezionati.

Di tipo B4: betoncino a base di uno speciale legante pozzolanico, a rapido indu-rimento anche a basse temperature, contenente fibre sintetiche in poliacrilonitrile e fibrorinforzato con fibre metalliche rigide (di acciaio) caratterizzate da lunghezza 30 mm, diametro 0,38 mm, resistenza a trazione > 2.300 MPa ad ele-vatissima duttilità, ottenuto, aggiungendo alla malta di cui al precedente punto MC4 aggregati selezionati.

Di tipo B5: betoncino cementizio, premiscelato, ad espansione contrastata in a-ria, con ritentore d'umidità liquido, reodinamico, colabile, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili.

LEGANTE ESPANSIVO

Di tipo LE: legante espansivo che consente di ottenere calcestruzzi o boiacche estremamente fluide, prive di bleeding, a basso rapporto acqua/cemento, caratte-rizzate da elevate resistenze meccaniche.

Di tipo LS: legante espansivo che consente di ottenere calcestruzzi auto compattanti (SCC) , privi di bleeding, a basso rapporto acqua/cemento, caratterizzati da ele-vatissime resistenze meccaniche.

CALCESTRUZZO ESPANSIVO

Di tipo CE: calcestruzzo di cemento, espansivo alle brevi stagionature ed a stabilità volumetrica alle lunghe stagionature, avente $R_{ck} \geq 50$ MPa, reoplastico (consistenza S4-S5), assenza di bleeding ed elevata pompabilità, ottenuto utilizzando come legante uno speciale cemento espansivo tipo LE in luogo dei normali cementi, e miscelando ad esso acqua ed aggregati.

Di tipo CS: calcestruzzo di cemento, espansivo alle brevi stagionature ed a stabilità volumetrica alle lunghe stagionature, autocompattante (SCC), avente $R_{ck} \geq 65$ MPa, assenza di bleeding ed elevata pompabilità, ottenuto utilizzando come legante uno speciale cemento espansivo tipo LS in luogo dei normali cementi, e miscelando ad esso acqua ed aggregati.

FORMULATI DI RESINA

Di tipo RC: malta epossidica bicomponente, colabile, priva di solventi.

Di tipo RT: malta epossidica bicomponente, tixotropica, priva di solventi.

Di tipo RI: resina epossidica bicomponente, a bassissima viscosità, priva di solventi, colabile.

Di tipo RA: tassello chimico rapido in cartuccia bicompartmentale coassiale, a consistenza tixotropica a base di resina vinilestere priva di stirene.

17.1.4 TECNICHE D'INTERVENTO E SCELTA DEI MATERIALI

Tabella 17-1 - Spessori da ripristinare - Tecniche d'intervento - Tipo di Materiale

| | | DEGRADO [mm] | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------------|--------------|-----|---|-------|----|----|------|-----------|----|----|--------------|----------------|--------------------|------|
| | | Lieve | | | Medio | | | | Profondo | | | | Molto profondo | | |
| | | 0 | 3 | 8 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | >100 |
| TECNICHE | Rasatura | MR1 | MR2 | | | | | | | | | | | | |
| | Spruzzo | | | | MT1 | | | | | | | | | | |
| | o rinzaffo | | | | MT2 | | | MT2* | | | | | | | |
| | | | | | MT3 | | | | | | | | | | |
| | Colaggio | | | | MC1 | | | | B1 | | | | | | |
| | | | | | MC2 | | | MC2* | B2 | | | | | | |
| | | | | | MC3 | | | | B3 | | | | | | |
| | | | | | MC4 | | | | B4 | | | | | | |
| | | | | | | | | | B5 | | | | | | |
| | | | | | | | | | CE, CS | | | | | | |
| | Spatola | | | | | | | | | | | | | RC | |
| | Iniezione | | | | | | | | | | | | | RT | |
| | Tassello | | | | | | | | | | | | | RI | |
| | | | | | Malte | | | | Betoncini | | | Calcestruzzi | | Form. di resina | |
| MATERIALI | | | | | | | | | | | | | | | |

* applicazione di rete eletrosaldata

17.1.4.1 Degrado lieve – Ripristini di spessore da 1 a 8 mm

La tecnica utilizzata, per eliminare difetti costruttivi quali vespai, vaiolatu-re, sbeccature, assenza di coprigerro, assenza di planarità, è quella della rasatura.

La preparazione del supporto deve essere realizzata mediante sabbiatura o idrosabbiatura.

La malta può essere applicata sia a mano che con macchina intonacatrice, previa miscelazione.

Si utilizza la malta:

- **Tipo MR1** per rasature fini, interventi di spessore da 1 a 3 mm.
- **Tipo MR2** per rasature grosse, interventi di spessore maggiori di 3 fino a 8 mm.

17.1.4.2 Degrado medio – Ripristini di spessore maggiore di 10 fino a 50 mm

Le tecniche d'intervento utilizzate sono:

- l'applicazione con macchina intonacatrice (superficie estesa) o manuale a caz-zuola (superficie ridotte) utilizzando malte tixotropiche;

- l'applicazione per colaggio utilizzando malte fluide.

L'asportazione del calcestruzzo contaminato (per esempio carbonatato e/o contenente cloruri) dovrà essere eseguita mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa o mediante macchine idrodemolitrici, dopo l'asportazione del calcestruzzo contaminato, la superficie del supporto dovrà essere microscopicamente ruvida con asperità di 5 mm.

Nel caso di interventi molto localizzati o quando si devono ripristinare elementi strutturali di difficile accesso per i quali una idonea asportazione del calcestruzzo non è possibile, si preparerà la superficie di supporto mediante sabbiatura e l'intervento sarà eseguito con malte polimero modificate di tipo MT3.

Ripristini realizzati con macchina intonacatrice o manualmente con cazzuola

Tale tecnica è utilizzata sia per ripristinare elementi strutturali verticali che l'intradosso di elementi orizzontali. L'applicazione manuale con cazzuola è consentita per superfici limitate (poche decine di metri quadrati).

Si utilizza la malta:

- **Tipo MT1** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 10 a 50 mm anche in modo non omogeneo. Tale malta, essendo fibrorinforzata (fibre inorganiche flessibili), non richiede applicazione di rete elettrosaldata. E' utilizzata con semplicità anche per ripristini localizzati.
- **Tipo MT2** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 10 a 20 mm. Può essere utilizzata anche per interventi di spessore da 40 a 50 mm previa applicazione di rete elettrosaldata.
- **Tipo MT3** per ripristinare elementi strutturali che presentino degradi molto localizzati e spessori da 10 a 50 mm. Poiché sono malte che possono essere applicate anche su supporti solamente sabbiati sono utilizzati per interventi su elementi strutturali di difficile accesso sui quali non è possibile l'asportazione del calcestruzzo degradato per spessori centimetri, inoltre non richiede l'applicazione di rete elettrosaldata.

Ripristini realizzati per colaggio

Tale tecnica è utilizzata per ripristinare l'estradosso di elementi strutturali orizzontali.

Il colaggio entro cassero è possibile per spessori compresi tra 40 e 50 mm facendo uso di materiali di tipo MC2.

Si utilizza la malta:

- **Tipo MC1** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 10 a 50 mm anche in modo non omogeneo. Tale malta, essendo fibrorinforzata (fibre inorganiche flessibili), non richiede applicazione di rete elettrosaldata.
- **Tipo MC2** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 10 a 20 mm. Per interventi di spessore da 40 a 50 mm la malta deve essere armata con rete elettrosaldata in assenza di armatura pre-esistente. Tale malta essendo reodinamica (autocompattante e molto scorrevo-le) può essere messa in opera in modo semplice ed affidabile per colaggio an-che entro cassero per spessori compresi tra 40 e 50 mm.
- **Tipo MC3** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 10 a 50 mm anche in modo non omogeneo. Tale malta, essendo fibrorinforzata (fibre di acciaio rigide), non richiede applicazione di rete elettrosaldata. L'elevato dosaggio delle fibre di acciaio conferisce alla malta un elevato indice di duttilità.
- **Tipo MC4** per ripristinare in tempi brevissimi anche a basse temperature elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 10 a 50 mm anche in modo non omogeneo. Tale

malta è in grado di sviluppare resistenze meccaniche molto elevate alle brevissime stagionature anche a temperature di -5°C, inoltre, essendo fibrorinforzata (fibre di acciaio rigide), non richiede applicazione di rete elettrosaldata. L'elevato dosaggio delle fibre di acciaio conferisce alla malta un elevato indice di duttilità.

Degrado profondo – Ripristini di spessore maggiore di 50 fino a 100 mm

Quando il degrado interessa spessori maggiori di 50 mm non si devono più utilizzare malte, ma si deve far uso di betoncini.

Le tecniche d'intervento utilizzate sono:

- messa in opera per colaggio su superfici orizzontali di betoncini ad espansione contrastata in aria;
- colaggio entro cassero (incamiciatura) di betoncini ad espansione contrastata in aria.

L'asportazione del calcestruzzo contaminato (per esempio carbonatato e/o contenente cloruri) dovrà essere eseguita mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa o preferibilmente, visti gli elevati spessori, mediante macchine idrodemolitrici, dopo l'asportazione del calcestruzzo contaminato, la superficie del supporto dovrà essere microscopicamente ruvida con asperità di 5 mm.

Si utilizza il betoncino:

- **Tipo B1** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 50 a 100 mm anche in modo non omogeneo. Tale betoncino, essendo fibrorinforzato (fibre inorganiche flessibili), non richiede applicazione di rete elettrosaldata.
- **Tipo B2** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 50 a 100 mm. Il betoncino deve essere sempre armato con rete elettrosaldata in assenza di altre armature. Tale betoncino, essendo reodinamico (autocompattante e molto scorrevole), può essere messo in opera in modo semplice ed affidabile per colaggio anche entro cassero, senza richiedere vi-brazione.
- **Tipo B3** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 50 a 100 mm anche in modo non omogeneo. Tale betoncino, essendo fibrorinforzato (fibre di acciaio rigide), non richiede applicazione di rete elettrosaldata. L'elevato dosaggio delle fibre di acciaio conferisce al betoncino un elevato indice di duttilità.
- **Tipo B4** per ripristinare in tempi brevissimi, anche a basse temperature, elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 50 a 100 mm anche in modo non omogeneo. Tale betoncino è in grado di sviluppare resistenze meccaniche molto elevate alle brevissime stagionature anche a temperature di -5°C, inoltre, essendo fibrorinforzato (fibre di acciaio rigide), non richiede applicazione di rete elettrosaldata. L'elevato dosaggio delle fibre di acciaio conferisce al betoncino un elevato indice di duttilità.
- **Tipo B5** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 50 a 100 mm. Il betoncino deve essere sempre armato con rete elettrosaldata in assenza di altre armature. Tale betoncino, essendo reodinamico (autocompattante e molto scorrevole), può essere messo in opera in modo semplice ed affidabile per colaggio anche entro cassero, senza richiedere vi-brazione.

I betoncini B1, B2, B3, B4, sono ottenuti aggiungendo in cantiere rispettivamente alle malte tipo MC1, MC2, MC3, MC4, degli aggregati di opportuna curva granulometrica; per ottenere buoni risultati è necessario porre particolare attenzione alla scelta degli aggregati, verificando che siano di diametro minimo pari a 5 mm e diametro massimo di 10 mm, ben puliti e privi di impurità limo argillose.

Degrado molto profondo – Ripristini di spessore maggiore o uguale di 100 mm

Quando il degrado interessa spessori maggiori o uguali di 100 mm si deve far uso di calcestruzzi tipo CE o CS (calcestruzzi espansivi alle brevi stagionature ed a stabilità volumetrica alle lunghe

stagionature, ottenuti utilizzando rispettivamente leganti di tipo LE o LS) aventi diametro massimo dell'inerte crescente al crescere dello spessore d'intervento.

Le tecniche d'intervento utilizzate sono:

- messa in opera per colaggio su superfici orizzontali;
- colaggio entro cassero (incamiciatura).

L'asportazione del calcestruzzo contaminato (per esempio carbonatato e/o conte-nete cloruri) dovrà essere eseguita mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa o preferibilmente, visti gli elevati spessori, mediante macchine idrodemolitrici, dopo l'asportazione del calcestruzzo contaminato, la superficie del supporto dovrà essere microscopicamente ruvida con asperità di 5 mm.

I calcestruzzi di tipo CE e CS dovranno essere confezionati a piè d'opera. Sarà consentito, previo parere favorevole della D.L., il caricamento degli inerti, di opportuna e sperimentata curva granulometrica, in impianto di betonaggio insieme al 30-40% dell'acqua d'impasto totale. La restante acqua d'impasto, necessaria ad ottenere la consistenza richiesta, dovrà essere immessa in autobetoniera al momento del caricamento in cantiere del legante espansivo tipo LE o LS fornito in appositi sacconi. La miscelazione dovrà durare fino ad ottenere un impasto omogeneo per tutto il volume.

Interventi con resine

Spesso nei lavori di manutenzione delle strutture è necessario eseguire inter-venti speciali, con resine:

- **Tipo RC** per ripristinare in spessore centimetrico elementi che richiedono elevate prestazioni meccaniche; applicata per colaggio.
- **Tipo RT** per incollaggio di elementi in calcestruzzo, acciaio, PVC e altri materiali, in quanto garantisce elevata adesione tra i materiali; applicata con spatola.
- **Tipo RA** per inghisaggio rapido di barre di armatura utilizzando formulati in cartuccia; il diametro del foro per l'inghisaggio per barre ad aderenza migliorata dal diametro fino a 16 mm, deve essere pari alla somma del diametro della barra più 4 mm, mentre per barre ad aderenza migliorata dal diametro compreso tra 17 e 34 mm, deve essere pari alla somma del diametro della barra più 6 mm.
- **Tipo RI** per intasamento di cavi di precompressione, o saldatura di fessurazioni; applicata con iniezione a pressione.

17.2 REQUISITI E METODI DI PROVA DEI MATERIALI

Un materiale per il ripristino di strutture in calcestruzzo deve possedere i seguenti requisiti fondamentali.

Elevata compatibilità con il calcestruzzo di supporto

- Espansione contrastata a 24 ore con maturazione in aria: la perfetta compatibilità con il calcestruzzo di supporto si ha utilizzando malte e betoncini ad espansione contrastata con maturazione in aria, la cui espansione iniziale consentirà di compensare il ritiro che i materiali cementizi svilupperanno inevitabilmente all'evaporazione di parte dell'acqua d'impasto. Per garantire in opera la monoliticità tra vecchia struttura e materiale utilizzato per il ripristino è necessario che quest'ultimo sia in grado di fornire buoni valori di espansione contrastata a 24 ore e con maturazione all'aria.
- Aderenza al calcestruzzo indurito: l'adesione tra vecchia struttura e materiale di ripristino deve essere elevata e risultare almeno uguale alla resistenza a trazione del calcestruzzo indurito.

- Resistenza meccanica: la resistenza meccanica alla compressione, trazione e flessione deve risultare simile a quella del calcestruzzo di supporto e maggiore quando si eseguono interventi di adeguamento strutturale.
- Modulo elastico: per interventi di spessore centimetrico il modulo elastico del materiale di ripristino deve essere simile a quello del calcestruzzo di supporto. Per interventi millimetrici, specialmente per le zone inflesse, il modulo elastico deve essere ≤ 16.000 MPa.

Elevata compatibilità con l'ambiente d'esercizio

I materiali utilizzati per ripristinare strutture degradate devono possedere una resistenza agli agenti esterni superiore a quella del calcestruzzo di cui l'opera è costituita.

La capacità del materiale, da ripristino, di resistere agli agenti aggressivi presenti nell'ambiente, si riferisce principalmente all'acqua liquida, agli ioni Cl-, all'anidride carbonica, ed all'ossigeno, che partecipano attivamente ai processi di corrosione; nei riguardi di queste sostanze lo spessore del materiale da ripristino applicato deve naturalmente risultare il più possibile impermeabile.

Per concentrazioni di CO₂ molto elevate (> 1000 ppm) o quando si fa uso di sali decongelanti sarà necessario proteggere la struttura con uno specifico sistema protettivo filmogeno.

I materiali utilizzati per il ripristino devono garantire anche la massima continuità della superficie esterna in modo da non favorire l'ingresso delle sostanze aggressive.

I requisiti fondamentali che un materiale da ripristino deve garantire sono:

- Resistenza alla fessurazione da ritiro plastico: il materiale per il ripristino deve contenere fibre sintetiche poliacrilonitrili nella misura e del tipo adatto a contrastare il verificarsi delle fessure durante le prime ore dopo l'applicazione .
- Resistenza alla fessurazione da ritiro igrometrico: per garantire la curabilità del ripristino il materiale di apporto deve avere una elevata resistenza alla fessurazione a lungo termine; la causa di tali stati fessurativi è il ritiro igrometrico, per questo motivo è fondamentale utilizzare materiali ad espansione contrastata in aria che garantiscono, nelle condizioni di esercizio, la compensazione del ritiro igrometrico.
- Resistenza alla carbonatazione: requisito indispensabile per evitare il degrado per corrosione delle armature dovuta alla carbonatazione, la conseguenza di questo processo è l'abbassamento del pH della pasta cementizia che diventa incapace di passivare le armature.
- Impermeabilità ai cloruri: i cloruri sono l'altro fattore che causa la corrosione delle armature, gli ioni Cl-, penetrando nel calcestruzzo, arrivati all'armatura bucano lo strato di ossido esistente e corrodono localmente le armature.
- Resistenza a cicli di gelo-disgelo: requisito fondamentale per le strutture in zone montane dove la temperatura oscilla sopra e sotto lo zero e quando vi sono condizioni ambientali che rendono il calcestruzzo umido.
- Impermeabilità all'acqua: la presenza d'acqua favorisce tutti i processi di degrado, una elevata impermeabilità è sinonimo di ridotta porosità del conglomerato.

17.2.1 SCELTA DEI METODI DI PROVA

Nella successiva Tabella 17-2 sono riportati i requisiti ed i corrispondenti metodi di prova per i conglomerati ad espansione contrastata in aria e per le malte cementizie polimero modificate.

Tabella 17-2 Requisiti e metodi di prova per materiali cementizi

| REQUISITI | METODI DI PROVA | | | | | | | |
|--|---|---|--|---|-----------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|
| | Malte polimero modificat e di tipo MR1, MR2, MT3 | Malte e betoncini espansivi in aria di tipo MT1, MT2, MC1, MC3, B1, B3 | Malte e betoncini rapidi di tipo MC4, B4 | Malte e betoncini espansivi in aria di tipo MC2, B2, B5 | Legante di tipo LE | Calcestr. di tipo CE | Legante di tipo LS | Calcestr. di tipo CS |
| Bleeding | - | - | - | - | UNI 8998 | - | UNI 8998 | - |
| Lavorabilità | per malte UNI EN 13395/1, per betoncini UNI 11041 | | | | UNI EN 12350/2 (slump test) | UNI 11041 | UNI EN 12350/2 (slump test) | UNI 11041 |
| Espansione contrastata in aria | ----- | all'aria: UNI 8147 modificata* (malte) UNI 8148 modificata* (betoncino) Test di Inarc./lmb. | ----- | all'aria: UNI 8147 modificata* (malte) UNI 8148 modificata* (betoncino) Test di Inarc./lmb. | | | | |
| Resistenza alla fessurazione | O Ring test (non applicabile per la MR1 e MR2) | | | | - | | | |
| Adesione al calcestruzzo | UNI EN 1542 (metodo di prova/trazione diretta) | | | | - | UNI EN 1542 | - | UNI EN 1542 |
| Resistenza alla carbonatazione | UNI EN 13295 (metodo di prova) UNI EN 1504-3 (limiti di accettazione) | | | | - | UNI EN 1504-3 | | UNI EN 1504-3 |
| Compatibilità termica parte 1, GELO-DISGELO | UNI EN 13687/1 | | | | | | | |
| Compatibilità termica parte 2, TEMPORALI | UNI EN 13687/2 | | | | - | | | |
| Compatibilità termica parte 4, CICLI A SECCO | UNI EN 13687/4 | | | | - | | | |
| Impermeabilità all'acqua | UNI EN 12390/8 (in pressione) UNI EN 13057 (assorbimento capillare), esclusi i leganti tipo LE ed LS | | | | | | | |
| Resistenza a compressione | UNI EN 12190 per malte UNI EN 12390/3 per betoncini | | | | UNI EN 12190 | UNI EN 12390/3 | UNI EN 12190 | UNI EN 12390/3 |
| Resistenza a trazione per flessione | UNI EN 196/1 per malte UNI EN 12390/5 per betoncini | | | | UNI EN 196/1 | UNI EN 12390/5 | UNI EN 196/1 | UNI EN 12390/5 |
| Modulo elastico | UNI EN 13412 (malte) UNI 6556 (betoncini) | | | | - | UNI 6556 | - | UNI 6556 |

| | | |
|--|--|----------------------|
| Caratteristiche di tenacità | ASTM C1018 (solo per i tipi MC3, MC4, B3, B4) | ----- |
| Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio | | RILEM-CEB-FIP RC6-78 |

* le normativa 8147 e 8148 modificata, considerano la prova effettuata all'aria.

** per l'impiego di Calcestruzzi di tipo CE e CS dovranno essere rispettati i requisiti sia del calcestruzzo sia del legante

I materiali a base di resina sono impiegati nel settore del ripristino per interventi speciali quali iniezione entro fessure, incollaggi strutturali, inghi-saggi di barre di armature, ecc., che non potrebbero essere eseguiti con successo con i materiali cementizi. La loro principale caratteristica è legata alle elevate prestazioni meccaniche (conseguente alla solidità dei legami di polime-rizzazione che si innescano quando la base si unisce all'indurente) e alla elevata adesione al calcestruzzo, all'acciaio e ai diversi materiali da costruzione. Requisito specifico per i formulati utilizzati per saldare fessure è la bassissima viscosità che consente la massima penetrazione della resina.

Tabella 17-3Requisiti e metodi di prova per materiali a base di resina

| REQUISITI | METODI DI PROVA | | |
|--|------------------------------------|-------------------|-------------------|
| | Resine di tipo RC e RT | Resine di tipo RI | Resine di tipo RA |
| Viscosità cinematica | ----- | ASTM D 2196 | ----- |
| Caratteristiche di adesione: - resina-calcestruzzo - resina-acciaio - carico di sfilamento su barre di armatura | UNI EN 1542 ASTM D4541 ----- | | Pull out test |
| Caratteristiche a compressione (resistenza e modulo elastico) | ASTM D695 | | ----- |
| Resistenza a trazione per flessione | ASTM D790 | | ----- |
| Caratteristiche a trazione diretta (resistenza e modulo elastico) | ASTM D638 | | ----- |
| Coefficiente di dilatazione termica lineare | ASTM D696 | | ----- |

17.3 ACCETTAZIONE E SPECIFICHE PRESTAZIONALI DEI MATERIALI PER INTERVENTI DI RIPRISTINO/ADEGUAMENTO

Prima che i materiali proposti dall'Impresa siano impiegati, la D.L. dovrà verificare che siano tra quelli omologati all'uso da parte del Committente, in base a prove dirette od a seguito dell'esame di prove eseguite presso Laboratori Ufficiali.

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 ai requisiti ed alle prestazioni richieste (dichiarazione rilasciata dal Produttore).

La Direzione Lavori in tempo utile rispetto al programma lavori esprimerà il suo parere, potendo comunque prescrivere l'esecuzione di prove su campioni di materiali prelevati in contraddittorio. Saranno altresì richieste, con le stesse modalità, verifiche su campioni di materiale di normale fornitura e dichiarazioni che attestino le prestazioni specifiche delle partite di materiale, che sono consegnate di volta in volta dalle Società Produttrici.

Le Società Produttrici devono possedere certificazione di qualità ai sensi della normativa UNI EN ISO 9001 e possedere un manuale della Qualità.

La D.L. su indicazione del Committente, potrà richiedere che il Produttore fornisca, congiuntamente al materiale, una dichiarazione che attesti le prestazioni specifiche della partita di materiale che è consegnata di volta in volta.

Nelle successive tabelle sono indicate le prestazioni minime richieste per i singoli tipi di materiale, salvo migliori caratteristiche definite nel progetto.

Tabella 17-4 Prestazioni richieste per i materiali cementizi premiscelati ad espansione contrastata in aria

| REQUISITI | MATERIALI CEMENTIZI AD ESPANSIONE CONTRASTATA ALL'ARIA DI TIPO | | | | | |
|---|--|---|---|---|---|--|
| | MT1 | MT2 | MC1 | MC2 | MC3 | B5 |
| Lavorabilità | 170-180 mm | 170-180 mm | 230-250 mm | 800-900 mm | 190-200 mm | 800-900 mm |
| Espansione contrastata all'aria | 1 g > 0,04 % inarc. □ | 1 g > 0,04 % inarc. □ | 1 g > 0,04 % inarc. □ | 1 g > 0,04 % inarc. □ | 1 g > 0,04 % inarc. □ | 1 g > 0,04 % inarc. □ |
| Resistenza alla fessurazione | Nessuna fessura dopo 180 gg | Nessuna fessura dopo 180 gg | Nessuna fessura dopo 180 gg | Nessuna fessura dopo 180 gg | Nessuna fessura dopo 180 gg | Nessuna fessura dopo 180 gg |
| Adesione al calcestruzzo | > 2 MPa | > 2 MPa | > 2 MPa | > 2 MPa | > 2 MPa | > 2 MPa |
| Resistenza alla carbonatazione | Secondo UNI EN 1504/3 | Secondo UNI EN 1504/3 | Secondo UNI EN 1504/3 | Secondo UNI EN 1504/3 | Secondo UNI EN 1504/3 | Secondo UNI EN 1504/3 |
| Compatibilità termica parte 1, GELO-DISGELO | Secondo UNI EN 13687/1 | Secondo UNI EN 13687/1 | Secondo UNI EN 13687/1 | Secondo UNI EN 13687/1 | Secondo UNI EN 13687/1 | Secondo UNI EN 13687/1 |
| Compatibilità termica parte 2, TEMPORALI | Secondo UNI EN 13687/2 | Secondo UNI EN 13687/2 | Secondo UNI EN 13687/2 | Secondo UNI EN 13687/2 | Secondo UNI EN 13687/2 | Secondo UNI EN 13687/2 |
| Compatibilità termica parte 4, CICLI A SECCO | Secondo UNI EN 13687/4 | Secondo UNI EN 13687/4 | Secondo UNI EN 13687/4 | Secondo UNI EN 13687/4 | Secondo UNI EN 13687/4 | Secondo UNI EN 13687/4 |
| Impermeabilità all'acqua - in pressione - assorbimento capillare | < 5 mm < 0,25 kg·m ² ·h ^{-0,5} | < 5 mm < 0,15 kg·m ² ·h ^{-0,5} | < 5 mm < 0,25 kg·m ² ·h ^{-0,5} | < 5 mm < 0,08 kg·m ² ·h ^{-0,5} | < 5 mm < 0,30 kg·m ² ·h ^{-0,5} | < 5 mm < 0,1 kg·m ² ·h ^{-0,5} |
| Resistenza a trazione per flessione - 1 giorno - 7 giorni - 28 giorni | > 7 MPa > 9 MPa > 10 MPa | > 4 MPa > 6 MPa > 8 MPa | > 7 MPa > 9 MPa > 10 MPa | > 4 MPa > 6 MPa > 7 MPa | > 10 MPa > 13 MPa > 16 MPa | > 4 MPa > 6 MPa > 7 MPa |
| Modulo elastico | 28.000 (± 2.000) MPa | 28.000 (± 2.000) MPa | 28.000 (± 2.000) MPa | 28.000 (± 2.000) MPa | 27.000 (± 2.000) MPa | 30.000 (± 2.000) MPa |
| Caratteristiche di tenacità - carico di prima fessurazione - Indice di tenacità | ---- | ---- | ---- | ---- | > 20 KN I ₂₀ > 20 | ---- |
| Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio | > 25 MPa | > 25 MPa | > 25 MPa | > 25 MPa | > 25 MPa | > 25 MPa |

N.B Le prestazioni dei betoncini realizzati addizionando ghiaiano nella misura del 35% in peso, sono ovviamente legate alla natura ed alla qualità dell'inerte stesso; per la valutazione prestazionale quindi dei betoncini NON premiscelati (tipo B1, B2, B3), si dovrà testare la relativa malta di partenza (tipo MC1, MC2, MC3) e quindi procedere a verificare i valori delle prestazioni dei betoncini definite in progetto

Tabella 17-5 Prestazioni richieste per i materiali rapidi

| REQUISITI | MATERIALI RAPIDI DI TIPO MC4 | | |
|--|---|---------|---|
| Lavorabilità | 210-220 mm | | |
| Resistenza alla fessurazione (o ring test) | Nessuna fessura dopo 180 gg | | |
| Adesione al calcestruzzo | > 2 MPa | | |
| Resistenza alla carbonatazione | Secondo UNI EN 1504/3 | | |
| Compatibilità termica parte 1, GELO-DISGELO | UNI EN 13687/1 | | |
| Compatibilità termica parte 2, TEMPORALI | UNI EN 13687/2 | | |
| Compatibilità termica parte 4, CICLI A SECCO | UNI EN 13687/4 | | |
| Impermeabilità all'acqua | | | |
| - in pressione | < 5 mm | | |
| - assorbimento capillare | < 0,35 kg·m ² ·h ^{-0,5} | | |
| Resistenza a compressione | -5°C* | 0°C** | 20°C |
| 3 ore | >8 MPa | >15 MPa | >25 MPa |
| 4 ore | >12 MPa | >20 MPa | >35 MPa |
| 8 ore | >20 MPa | >30 MPa | >40 MPa |
| 24 ore | >50 MPa | >55 MPa | >60 MPa |
| 7 giorni | >65 MPa | >65 MPa | >70 MPa |
| 28 giorni | >75 MPa | >75 MPa | >75 MPa |
| Resistenza a trazione per flessione (20°C) | | | MC5 1g > 4 MPa 7 gg > 6 MPa 28 gg > 7 MPa MC4 1g > 15 MPa 7 gg > 18 MPa 28 gg > 24 MPa |
| Modulo elastico | 30.000 (\pm 2.000) MPa | | |
| Caratteristiche di tenacità | | | |
| - Carico di prima fessurazione | > 20 KN | | |
| - Indice di tenacità | I ₂₀ > 20 | | |
| Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio | > 25 MPa | | |

N.B Le prestazioni dei betoncini realizzati addizionando ghiaiano nella misura del 35% in peso, sono ovviamente legate alla natura ed alla qualità dell'inerte stesso; per la valutazione prestazionale quindi dei betoncini NON premiscelati (tipo B4), si dovrà testare la relativa malta di partenza (tipo MC4, MC5) e quindi procedere a verificare i valori delle prestazioni dei betoncini definite in progetto

* materiali ed acqua condizionati a +10°C, stagionatura a -5°C

** materiali ed acqua condizionati a +10°C, stagionatura a 0°C

Tabella 17-6 Prestazioni richieste per i materiali le malte cementizie polimero modificate

| REQUISITI | MALTE CEMENTIZIE POLIMERO MODIFICATE DI TIPO | | |
|--|--|---|---|
| | MR1 | MR2 | MT3 |
| Lavorabilità | 180-190 mm | 180-190 mm | 170-180 mm |
| Resistenza alla fessurazione (O ring test) | - | - | Nessuna fessura dopo 180 gg |
| Resistenza alla fessurazione | ---- | ---- | Nessuna fessura dopo 180 gg |
| Adesione al calcestruzzo | > 2 MPa | > 2 MPa | > 2 MPa |
| Resistenza alla carbonatazione | Secondo pr EN 1504-3 | Secondo pr EN 1504-3 | Secondo pr EN 1504-3 |
| Compatibilità termica parte 1, GELO-DISGELO | Secondo UNI EN 13687/1 | Secondo UNI EN 13687/1 | Secondo UNI EN 13687/1 |
| Compatibilità termica parte 2, TEMPORALI | Secondo UNI EN 13687/2 | Secondo UNI EN 13687/2 | Secondo UNI EN 13687/2 |
| Compatibilità termica parte 4, CICLI A SECCO | Secondo UNI EN 13687/4 | Secondo UNI EN 13687/4 | Secondo UNI EN 13687/4 |
| Impermeabilità all'acqua | | | |
| - in pressione | < 15 mm | < 15 mm | < 15 mm |
| - assorbimento capillare | < 0,5 kg·m ⁻² ·h ^{-0,5} | < 0,5 kg·m ⁻² ·h ^{-0,5} | < 0,5 kg·m ⁻² ·h ^{-0,5} |
| Resistenza a compressione | | | |
| - 1 giorno | > 12 MPa | > 20 MPa | > 25 MPa |
| - 7 giorni | > 28 MPa | > 27 MPa | > 45 MPa |
| -28 giorni | > 40 MPa | > 38 MPa | > 55 MPa |
| Resistenza a trazione per flessione | | | |
| - 1 giorno | > 4 MPa | > 2 MPa | > 6 MPa |
| - 7 giorni | > 7 MPa | > 5 MPa | > 8 MPa |
| -28 giorni | > 8 MPa | > 7 MPa | > 10 MPa |
| Modulo elastico [MPa] | 16.000 (± 2.000) | 16.000 (± 2.000) | 25.000 (± 2.000) |
| Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio [MPa] | ---- | ---- | > 20 |

Tabella 17-7 Prestazioni richieste per i leganti espansivi LE e LS e per i calcestruzzi espansivi CE e CS

| REQUISITI | LEGANTI TIPO LE* | CALCESTRUZZI TIPO CE*** | LEGANTI TIPO LS** | CALCESTRUZZI TIPO CS**** |
|--|---|---|---|---|
| Bleeding | Assente | - | Assente | - |
| Lavorabilità | Fluidità Flow Cone iniziale < 30 sec, dopo 30 minuti < 35 secondi | S5 | Fluidità Flow Cone iniziale < 30 sec, dopo 30 minuti < 35 secondi | Conforme alla UNI 11041 fluidità > 600 mm |
| Espansione contrastata | 1 g > 0,03 % | 1 g > 0,03 % | 1 g > 0,03 % | 1 g > 0,03 % |
| Adesione al calcestruzzo | > 1,5 MPa | > 1,5 MPa | > 1,5 MPa | > 1,5 MPa |
| Resistenza alla carbonatazione | - | Secondo UNI EN 1504/3 | - | Secondo UNI EN 1504/3 |
| Impermeabilità all'acqua | - in pressione - assorbimento capillare | < 20 mm < 0,5 kg·m ² ·h ^{-0,5} | - | < 20 mm < 0,5 kg·m ² ·h ^{-0,5} |
| Resistenza al gelo- disgelo con sali disgelanti | | | | |
| Resistenza a compressione | - 1 giorno - 7 giorni - 28 giorni | > 20 MPa* > 50 MPa* > 60 MPa* | > 20 MPa > 35 MPa > 50 MPa | > 20 MPa** > 50 MPa** > 60 MPa** |
| Resistenza a trazione per flessione | | | | |
| - 1 giorno - 7 giorni - 28 giorni | | | | |
| Modulo elastico | - | 30.000 (\pm 2.000) MPa | - | 30.000 (\pm 2.000) MPa |
| Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio | > 15 MPa | > 15 MPa | > 15 MPa | > 15 MPa |

*prove su boiacche effettuate con rapporto A/C pari a 0,32

**prove su boiacche effettuate con rapporto A/C pari a 0,30

***prove su calcestruzzi con dosaggio di legante LE pari a 400 kg/mc

****prove su calcestruzzi con dosaggio di legante LS pari a 500 kg/mc

Tabella 17-8 Prestazioni richieste per malte di resina

| REQUISITI | MALTE DI RESINA DI TIPO | | | |
|-----------|-------------------------|----|----|----|
| | RC | RT | RI | RA |

| Viscosità cinematica | ----- | ----- | 500-700 mPa·s | ----- |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|
| Caratteristiche di adesione a 7 gg: | | | | |
| - resina-cls [MPa] | > 3,5 | > 3,5 | > 3,5 | ----- |
| - resina-acciaio[MPa] | > 12 | > 7 | > 10 | ----- |
| - carico di sfilamento su barre di armatura ad aderenza migliorata FeB44K | ----- | ----- | ----- | Diam. barra [mm] |
| | | | | Diam. foro [mm] |
| | | | | Lungh. ancor.barra [mm] |
| | | | | Carico [kN] |
| | | | | 10 12 175 10,6 |
| | | | | 12 16 215 15,0 |
| | | | | 14 18 255 20,1 |
| | | | | 16 20 275 28,8 |
| | | | | 20 26 355 43,2 |
| | | | | 26 32 435 65,0 |
| Caratteristiche a compressione a 7 gg: | | | | |
| - Resistenza [MPa] | > 55 | > 70 | > 70 | ----- |
| -Modulo elastico[MPa] | 7000 | 7000 | 3100 | ----- |
| Resist. a traz. per fless. a 7 gg [MPa] | > 30 | > 25 | > 40 | ----- |
| Caratteristiche a trazione diretta a 7 gg: | | | | |
| - Resistenza [MPa] | > 6 | > 8 | > 35 | ----- |
| - Modulo elast. [MPa] | 6.300 | 9500 | 2400 | ----- |
| Coefficiente di dilatazione termica lineare a 7 gg [$^{\circ}\text{C}^{-1}$] | $2,46 \cdot 10^{-5}$ | $2,04 \cdot 10^{-5}$ | $5,11 \cdot 10^{-5}$ | ----- |

17.4 TRATTAMENTI PRIMA DEL RIPRISTINO/ADEGUAMENTO E FASI ESECUTIVE

Le modalità esecutive variano in funzione dello spessore del calcestruzzo da asportare, da quello del ripristino e del tipo di materiale che sarà utilizzato, possono comunque essere sintetizzate nelle seguenti fasi:

- Asportazione del calcestruzzo degradato, sia il calcestruzzo incoerente che quello contaminato da cloruri o carbonatato che non è più in grado di passivare le armature;
- Pulizia delle armature eventualmente scoperte, qualora il degrado sia causato dalla corrosione dei ferri d'armatura è fondamentale creare condizioni elettrochimiche che evitino il proseguire della corrosione;
- □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 o stagiatura;
- Stagionatura.

Le fasi esecutive in funzione del tipo di materiale utilizzato sono indicate nella tabella 19.4a e descritte nei punti successivi.

Tabella 17-9 Fasi esecutive in funzione del tipo di materiale di ripristino

| | | MATERIALI | | | |
|----------------|--|---|--|---|---|
| | | Malte e betoncini espansivi in aria e malte e betoncini rapidi non fibrorinforz. di tipo MT2, MC2, B2, B5 | Malte e betoncini espansivi in aria e malte e betoncini rapidi fibrorinforz. di tipo MT1, MC1, MC3, MC4, B1, B3, B4, | Malte polimero modificate di tipo MR1, MR2, MT3 | Materiali a base di resina di tipo RC, RT, RI, RA |
| FASI ESECUTIVE | Asportazione del calcestruzzo degradato* | Idrodemoliz. o scalpellatura meccanica | Idrodemoliz. o scalpellatura meccanica | Sabb. o idros. per sp. mm | Idrod. o scalp. mecc. per sp. cm |
| | Pulizia delle armature | Sabbiatura | Sabbiatura | Sabbiatura | |
| | Posizionamento di armature aggiuntive | Se richiesto | Se richiesto | Se richiesto | |
| | Posizionamento di rete di contrasto | per spessori > 40 mm per MT2 e MC2 | N.R. | N.R. | |
| | Pulizia della superficie di supporto | Acqua in pressione | Acqua in pressione | Acqua a caduta o soffio d'aria compressa | Soffio d'aria compressa |

| | Saturazione della superficie di supporto | Acqua in pressione | Acqua in pressione | Acqua in press. per MR1 | N.R. per MR2 e MT3 | N.R. |
|--|--|--|--|--|--|------|
| | | Spruzzo o rinzaffo o colaggio | Spruzzo o rinzaffo o colaggio | Spruzzo o rinzaffo | Spatolatura o collaggio o iniezione | |
| | Applicazione del materiale di ripristino | | | | | |
| | Frattazzatura (sup.vert.) o stagiatura (sup.oriz.) | Richiesta | Richiesta | Richiesta | Richiesta | N.R. |
| | Stagionatura ¹ | Prodotti antievaporanti o acqua nebulizzata o teli in plastica | N.R. |

N.R Fase esecutiva non richiesta

* per i materiali ad espansione contrastata dovrà garantirsi una macro ruvidità (asperità di circa 5mm di profondità)

17.4.1 ASPORTAZIONE DEL CALCESTRUZZO DEGRADATO

Il Progettista stabilirà lo spessore di calcestruzzo da asportare sulla base dei risultati di un'apposita indagine preliminare. La Direzione Lavori segnalerà alla Committente eventuali difformità di degrado rispetto a quanto valutato nel progetto.

L'asportazione del calcestruzzo incoerente o degradato avverrà mediante idrodemolizione o scalpellatura meccanica eseguita mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa, adottando tutte le precauzioni necessarie ad evitare il danneggiamento delle strutture superstiti.

Le macchine idrodemolitrici dovranno avere pressione del getto d'acqua >150 MPa e portata compresa tra 100 e 300 l/min in funzione del tipo della struttura e del calcestruzzo da asportare. 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 di sicurezza e di 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 delle tabelle contenute nell'allegato 5 del Dlgs 152/99.

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 per i materiali ad espansione contrastata in aria e per i prodotti rapidi (MT1, MT2, MC1, MC2, MC3, MC4, B1, B2, B3, B4, B5, CE, CS).

Per le malte cementizie polimero modificate (MR1, MR2, MT3) e per i materiali a base di resina (RC, RT, RI, RA) la preparazione del supporto potrà essere effettuata anche mediante sabbiatura; non essendo necessaria la macroruvidità del supporto in quanto l'aderenza tra vecchio e nuovo si garantisce mediante l'azione collante della resina o del polimero e non mediante il meccanismo dell'espansione contrastata; ma se lo spessore del calcestruzzo degradato è centimetrico la sabbiatura non è in grado di rimuovere tali spessori e quindi è necessario verificare se la semplice

¹ 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

sabbiatura e l'applicazione dei materiali con essa compatibili siano in grado di arrestare i fenomeni di degrado.

17.4.2 PULIZIA DELLE ARMATURE

I ferri di armatura del cemento armato messi a nudo in fase d'asportazione del conglomerato cementizio ammalorato dovranno essere puliti dalle scaglie di ossido mediante sabbiatura.

17.4.3 POSIZIONAMENTO DI 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 coprifero di almeno 20 mm.

17.4.4 POSIZIONAMENTO DELLA RETE ELETTROSALDATA DI CONTRASTO

E' richiesta l'applicazione di una rete elettrosaldata di contrasto solo per le malte di tipo MT2 e MC2 quando lo spessore d'intervento è maggiore di 20 mm.

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 40 mm, infatti la rete dovrà avere un coprifero di almeno 20 mm e dovrà essere distaccata dal supporto di almeno 10 mm, mediante l'uso di distanziatori (altrimenti si hanno minori aderenze all'interfaccia vecchi/nuovo materiale e fessurazioni in superficie per assenza di contrasto nello spessore più esterno del materiale utilizzato per il ripristino).

Nel caso sia previsto nel progetto l'utilizzo di rete elettrosaldata in barre d'acciaio inossidabile, questa dovrà avere le caratteristiche precise in progetto.

17.4.5 PULIZIA E SATURAZIONE DELLA SUPERFICIE DI SUPPORTO

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, la pulizia della superficie di supporto, salvo le malte di tipo MR1, MR2 ed MT3 per le quali la pulizia va eseguita con aria compressa o con lavaggio con acqua a caduta, dovrà essere effettuata mediante lavaggio con acqua in pressione (80-100 MPa e acqua calda nel periodo invernale), per asportare polvere e parti incoerenti, eventualmente ancora presenti dopo la scarifica meccanica del calcestruzzo.

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(MT1, MT2, MC1, MC2, MC3, MC4, B1, B2, B3, B4, B5, CE, CS). Per l'applicazione dei materiali a base di resina (RC, RT, RI, RA) la pulizia della superficie di supporto dovrà essere effettuata mediante getto di aria compressa per asportare la polvere eventualmente presente dopo aver preparato il supporto mediante sabbiatura o idrosabbiatura.

17.4.6 APPLICAZIONE DEI MATERIALI DI RIPRISTINO

Le modalità applicative variano in relazione alla tecnologia d'intervento utilizzata ed al tipo di materiale prescelto, possono comunque essere sintetizzate come segue:

I materiali cementizi sono forniti già premiscelati a secco, devono essere miscelati con acqua, escluse le malte di tipo MR2 ed MT3 che vanno impastate con il proprio polimero, nel quantitativo indicato dalle Ditte Produttrici (sarà importante non superare mai il quantitativo massimo indicato per evitare sia feno-meni di bleeding e separazione che il decadimento di tutte le prestazioni), per almeno 4-5 minuti con betoniera o con il miscelatore dell'intonacatrice secondo la seguente metodologia:

- introdurre nella betoniera o nel miscelatore il minimo quantitativo d'acqua indicato dal produttore, aggiungere il materiale contenuto nei sacchi e quindi per i materiali di tipo MT1, MT2, MC1, MC2, MC3, B1, B2, B3, B5 il ritentore di umidità liquido;
- proseguire la miscelazione per 4-5 minuti fino ad ottenere un impasto omogeneo e privo di grumi;
- se necessario, aggiungere altra acqua (senza mai superare il quantitativo massimo indicato dal Produttore) fino ad arrivare alla consistenza voluta e mescolare per altri 2 minuti.

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.

Le malte tixotropiche vanno applicate con macchina intonacatrice o manualmente con la cazzuola.

Le malte ed i betoncini colabili vanno applicati a consistenza fluida o superfluida per colaggio, nel caso di applicazione entro cassero si dovranno utilizzare casseforme che non assorbano acqua dall'impasto e che garantiscono una perfetta tenuta per evitare perdite di bocca, tali casseforme dovranno essere opportunamente fissate in modo da resistere alla spinta dei materiali a consistenza superfluida.

E' accettata l'applicazione con temperature comprese tra 5 e 40°C, al di fuori di tale intervallo l'applicazione potrà essere eseguita soltanto previa autorizzazione della D.L.

Solo i materiali per ripristini rapidi di tipo (MC4, B4) possono essere utilizzati fino a temperature di -5°C.

Quando le temperature sono tra 5 e 10°C lo sviluppo delle resistenze meccaniche è più lento, pertanto è necessario adottare i seguenti provvedimenti:

- conservare il prodotto in ambiente riparato dal freddo;
- impiegare acqua calda per l'impasto;
- iniziare le applicazioni nella mattinata;
- proteggere dall'ambiente freddo il getto coprendolo con teli impermeabili.

Per applicazioni a temperature prossime a 40°C è necessario adottare i seguenti provvedimenti:

- conservare il prodotto in luogo fresco;
- impiegare acqua fresca;
- applicare i materiali nelle ore meno calde della giornata;
- nei climi asciutti e ventilati si raccomanda di porre particolare attenzione alla stagionatura.

I materiali a base di resina devono essere miscelati ed applicati seguendo scrupolosamente le indicazioni fornite dal produttore sulle schede tecniche dei singoli prodotti.

17.4.7 FRATTAZZATURA O STAGGIATURA

Dopo l'applicazione dei materiali cementizi tixotropici, la superficie dovrà essere lisciata mediante frattazzatura. Tale operazione dovrà essere eseguita con molta cura nel caso delle malte che sono mescolate 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 tixotropiche, che sono applicate a spruzzo od a rinzaffo, devono essere provviste di fibre sintetiche poliacrilinitrili.

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.

Le superfici esposte all'aria (vale a dire non a contatto con casseforme) dei materiali cementizi colabili possibilmente dovrebbero essere stagiate se l'operazione non è possibile, o considerata troppo onerosa, appena messe in opera devono essere stagionate con materiali specifici, che non pregiudichino l'aderenza di successivi sistemi protettivi o impermeabilizzanti, e/o protetti con teli di plastica nel periodo invernale o stagionati con acqua nebulizzata nel periodo estivo.

17.4.8 STAGIONATURA

Una corretta stagionatura è fondamentale per garantire una giusta maturazione e per evitare la formazione di fessure da ritiro plastico, dovute all'immediata evaporazione di parte dell'acqua d'impasto sotto l'azione del sole e del vento. Nelle opere di nuova costruzione, diventa fondamentale per la curabilità degli interventi di manutenzione.

La stagionatura potrà essere realizzata utilizzando:

- prodotti stagionanti specifici, che non diminuiscono l'aderenza di sistemi protettivi o impermeabilizzanti;
- teli;
- acqua nebulizzata.

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 poliacrilinitrili).

La stagionatura può essere realizzata in modo semplice ed affidabile utilizzando materiali a base di resine che abbinino alla funzione di stagionante anche quel-la di primer per eventuali sistemi protettivi da applicare sopra il materiale di ripristino.

L'eventuale protezione delle strutture ripristinate dovrà essere eseguita secondo quanto indicato sulle schede tecniche del sistema protettivo utilizzato.

17.5 PROVE E CONTROLLI

La D.L. prima dell'inizio delle lavorazioni dovrà verificare attentamente che i macchinari utilizzati per l'asportazione del calcestruzzo degradato e/o contaminato, per eventuali sabbiature, per la pulizia e/o la saturazione del supporto e per l'applicazione a spruzzo dei prodotti tixotropici siano idonei ad ottenere quanto richiesto dalla Norma Tecnica generale e dal progetto in particolare.

Tali verifiche dovranno essere fatte anche in corso d'opera per verificare che tutte le fasi esecutive siano realizzate come descritto nel paragrafo 17.4 e nel progetto specifico.

La D.L. per l'accettazione dei materiali dovrà attenersi a quanto indicato al precedente paragrafo ed in particolare, per i materiali cementizi ad espansione contrastata in aria, la stessa D.L. dovrà eseguire, ad inizio cantiere ed in corso d'opera quando lo ritenga opportuno, la verifica qualitativa (test d'inarcamento/imbarcamento secondo la metodologia descritta in allegato A) o quantitativa (secondo UNI 8147 con maturazione dei provini in aria) della capacità espansiva del prodotto.

Nel caso in cui il prodotto esaminato non dovesse rispettare i requisiti richiesti lo stesso dovrà essere sostituito.

Comunque in corso d'opera le prove dovranno essere ripetute con la frequenza ritenuta necessaria dalla Direzione Lavori.

Per i calcestruzzi confezionati con leganti espansivi, si prescrivono i seguenti controlli:

1. *Controlli preliminari*

Deve essere fornita la scheda tecnica del legante espansivo che si vuole utilizzare come unico legante per confezionare i cls espansivi di tipo CE o CS, in quanto si dovrà verificare la conformità con i requisiti prestazionali riportati nella Tabella 17-7 Prestazioni richieste per i leganti espansivi LE e LS e per i calcestruzzi espansivi CE e CS delle norme tecniche.

Nella scheda tecnica del prodotto suddetto deve essere riportato in modo esplicito il valore di espansione della boiacca ottenuta aggiungendo al legante espansivo il contenuto d'acqua riportato nella stessa scheda tecnica, dovrà altresì essere indicato il metodo di prova. Si dovrà inoltre fornire una dichiarazione del produttore che certifichi le prestazioni del prodotto come boiacca riportate in scheda tecnica, con particolare riferimento a valore di espansione.

2. *Controlli per la qualifica*

Si eseguirà la qualifica c/o l'impianto di betonaggio, relativamente:

- al controllo dell'umidità dell'inerte fino (sabbia), fondamentale per avere il rapporto a/c e la consistenza costanti;
- al dosaggio di acqua aggiunta;
- alla verifica che prima del carico di autobetoniera a seguito di prece-dente lavaggio, tutta l'acqua usata per il lavaggio stesso sia rimossa dalla betoniera stessa.

Si eseguirà la qualifica del legante espansivo relativamente ai valori di espansione, resistenza meccanica a compressione e fluidità, i quali devono risultare conformi a quanto indicato nella Tabella 17-7

Si procederà poi con la qualifica del calcestruzzo:

- dovranno realizzarsi degli impasti di qualifica per verificare tutte le fasi di dosaggio caricamento dei componenti e di miscelazione;
- si dovranno eseguire i test di espansione secondo UNI 8148 sul calcestruzzo a 24h;
- si dovranno eseguire test di mantenimento di consistenza per tutto il tempo necessario alla messa in opera del calcestruzzo;
- si dovranno eseguire test di resistenza meccanica.

I controlli precedenti dovranno soddisfare i requisiti prestazionali della Tabella 17-7 Prestazioni richieste per i leganti espansivi LE e LS e per i calcestruzzi espansivi CE e CS delle norme tecniche.

3. *Controlli in corso d'opera*

Si procederà a prelevare su indicazione della D.L. dei campioni di legante, per il confezionamento del calcestruzzo, per far eseguire c/o laboratorio prova di espansione a 24h.

Dovrà essere verificata a piè d'opera su indicazione della D.L., la caratteristica SCC nel caso di confezionamento di calcestruzzi CS, secondo la norma UNI 11040.

Su indicazione della D.L. si procederà a prelevare, dagli impasti del materiale, dei campioni di calcestruzzo confezionati in opportuni stampi, sui quali si eseguiranno (c/o laboratorio) le prove di espansione a 24h e di resistenza a compressione.

Tutti i requisiti dovranno essere conformi a quanto indicato nella Tabella 17-7 delle norme tecniche.

Qualora dalle prove risultassero valori inferiori di non più del 10% rispetto a quelli indicati nelle tabelle Tabella 17-4, Tabella 17-5, Tabella 17-6(rispettivamente per malte cementizie ad espansione contrastata, per malte cementizie polimero modificate, e per formulati a base di resine) o previsti in progetto, la Direzione Lavori, fermo restando la sicurezza strutturale, accetterà il materiale ma il suo prezzo unitario sarà decurtato del 15% per tutte le superfici ed i volumi su cui si è operato e per tutti i prezzi e sovrapprezzi con cui è stato pagato.

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 (almeno il 5% per superfici estese e almeno il 10% per superfici limitate) mediante bagnatura, 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 uti-lizzando una malta cementizia polimero modificata premiscelata, tixotropica del tipo MR1, 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 di ottenimento dell'adesione in opera si otterrà con il controllo al martello, con campionamento secondo il criterio indicato per le microfessure.

Le superfici risonanti a vuoto saranno verificate in contraddittorio e su di esse sarà applicata la penale del 25% per tutti i prezzi e sovrapprezzi spesi per il lavoro risultato non idoneo, salvo richiesta della Committente di far effettuare, le asportazioni ed il rifacimento del ripristino delle superfici risonanti.

Qualora sussistano contemporaneamente due o più difetti potrà essere richiesta dalla D.L. la rimozione delle riparazioni mal eseguite, oppure sarà applicata una detrazione a tutti i prezzi e superfici controllate pari alla somma delle penalità indicate.

17.6 ALLEGATO A - TEST DI INARCAMENTO – IMBARCAMENTO - *VERIFICA QUALITATIVA DELLA CAPACITÀ ESPANSIVA*

SCOPO DELLA PROVA

Questo test è stato concepito per simulare il comportamento dimensionale di una malta da riparazione applicata su un substrato ruvido. Il test è pertanto un indicatore della variazione volumetrica/dimensionale contrastata che può subire nel tempo una malta da ripristino.

ATTREZZATURA

Si impiega la seguente attrezzatura:

1. uno stampo elastico in gomma siliconica avente dimensioni interne 10000x50x20mm;
2. un lamierino forato di contrasto avente dimensioni 10000x45x1mm e fori 8mm.

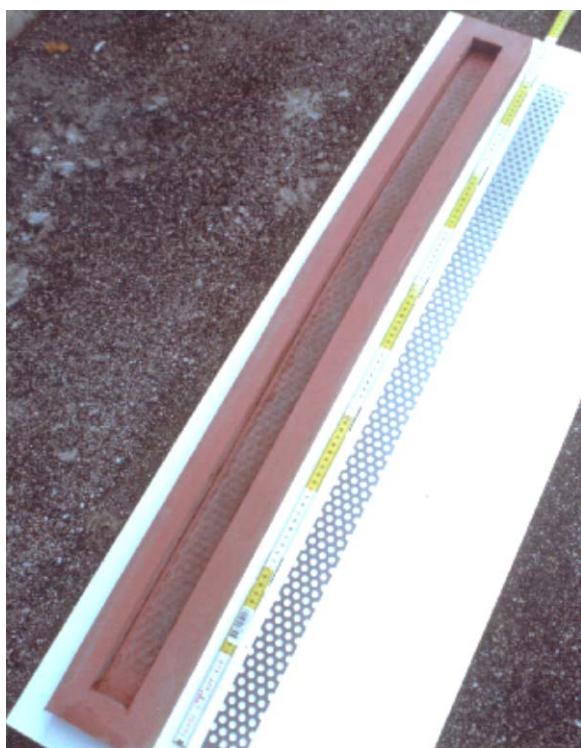


Figura 17-1 - Materiali utilizzati per il test di compatibilità dimensionale



Figura 17-2 Materiali utilizzati per il test di compatibilità dimensionale

PREPARAZIONE DELLA MALTA

Si mette il lamierino forato all'interno dello stampo posto su una superficie orizzontale.

La malta per la confezione dei provini deve essere preparata seguendo le indicazioni della scheda tecnica del produttore della malta. Dopo l'impasto la malta deve essere costipata all'interno degli stampi in un unico strato.

Completato l'assestamento, si toglie il materiale in eccesso con una riga metallica e si liscia la superficie esposta con una cazzuola.

STAGIONATURA DEI PROVINI

Ultimate le operazioni di confezione, i provini negli stampi devono essere lasciati scoperti nella parte superiore esposta all'aria e collocati nell'ambiente di stagionatura a temperatura di 20°C +/- 2% e umidità relativa 40-60%.

Dopo 24 ore si estraggono i provini dagli stampi in gomma e si pongono a maturare nelle stesse condizioni precedenti su una superficie orizzontale. Da questo momento in poi è possibile valutare e monitorare nel tempo l'entità della defor-mazione (ritiro/espansione) a cui la malta è sottoposta in condizioni standard o in condizioni di campo.

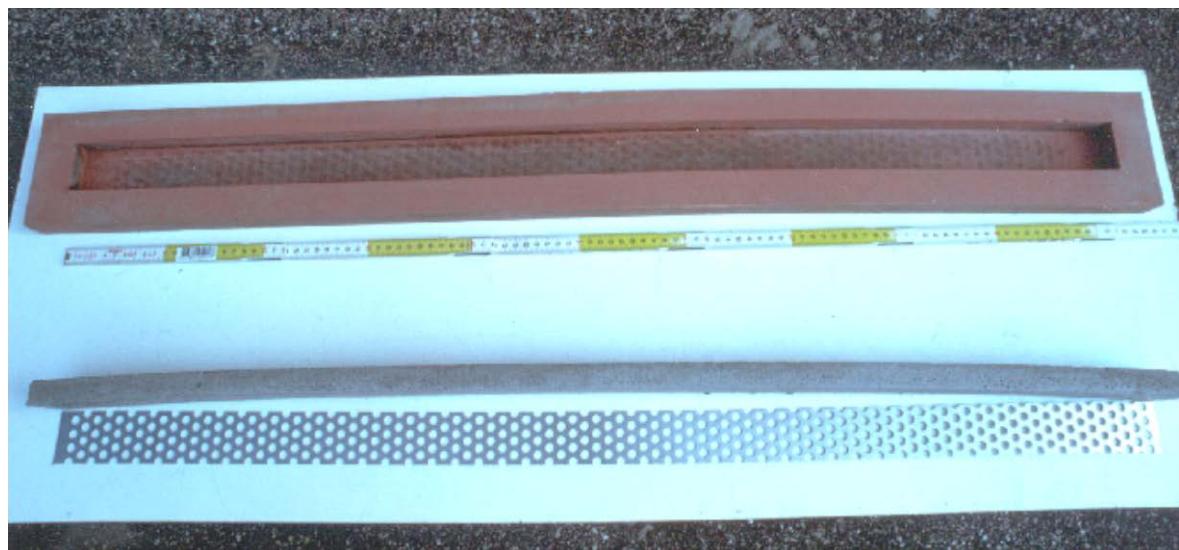


Figura 17-3 - Tipico comportamento convesso di una malta che espande all'aria

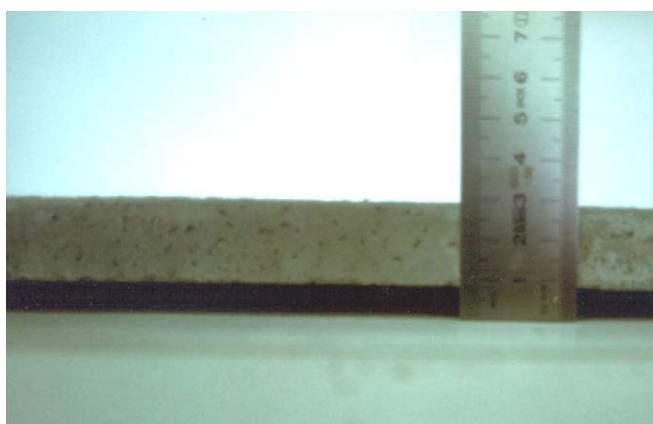


Figura 17-4- Misura della convessità di una malta che espande all'aria nella mezzeria del provino

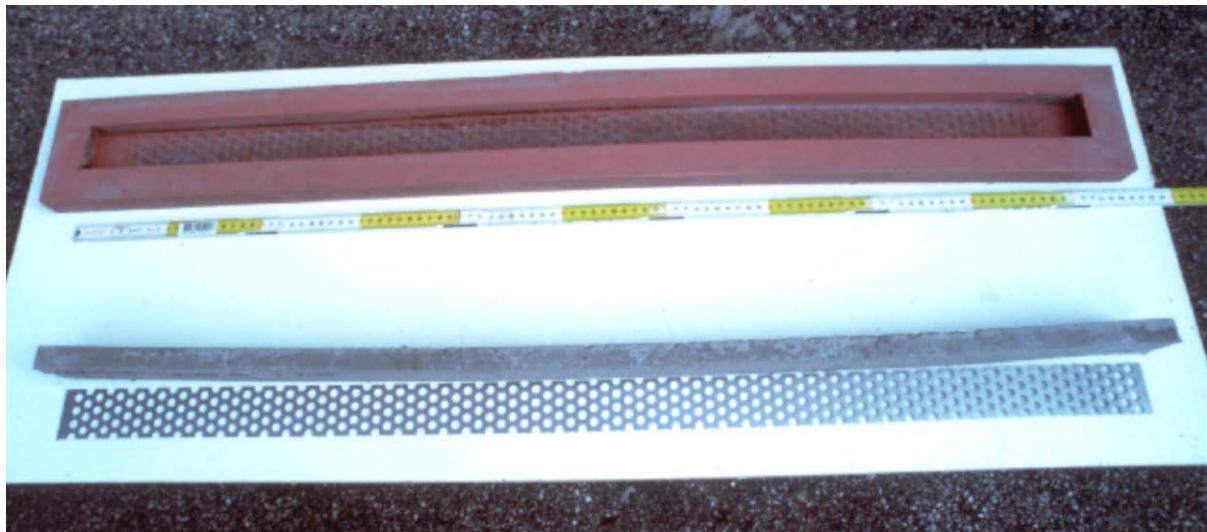


Figura 17-5 - Tipico comportamento concavo di una malta che ritira all'aria



Figura 17-6 - Misura della concavità ai lembi estremi del provino di una malta che ritira all'aria

18 SISTEMI PROTETTIVI PER STRUTTURE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

18.1 SISTEMI PROTETTIVI FILMOGENI

18.1.1 GENERALITÀ

L'applicazione di sistemi filmogeni è la tecnica che si utilizza per proteggere l'elemento strutturale dall'aggressione di agenti aggressivi esterni quando attraverso le indagini si è accertata una delle seguenti situazioni:

- la struttura risulta ancora in buone condizioni e senza degrado superficiale, ancorché le indagini abbiano rivelato la presenza di uno spessore di calcestruzzo carbonatato, purché inferiore al copriferro;
- la struttura risulta ancora in buone condizioni e senza degrado superficiale, anche se le indagini hanno rilevato che sono iniziati fenomeni di corrosione nelle armature.

L'applicazione di sistemi protettivi filmogeni viene utilizzata anche quando si realizzano interventi di ripristino localizzati sia per equilibrare i potenziali elettrochimici delle armature, che per migliorare l'aspetto estetico. Si deve infatti evitare che parti di armatura avvolte da conglomerato di qualità diversa da punto a punto, vengano nuovamente a trovarsi in condizioni tali da generare nuove pile e reinnescare il processo di corrosione.

L'applicazione di sistemi protettivi ha scopo di impedire o ritardare l'insorgere dei fenomeni che possono portare alla fessurazione, allo sgretolamento, al dilavamento, al rigonfiamento, alla delaminazione od al distacco di parti di calcestruzzo.

Il sistema protettivo deve essere capace di costituire uno schermo verso l'ambiente impedendo da un lato la penetrazione degli aggressivi, dall'altro quella dell'acqua e dell'ossigeno, che contribuiscono alle reazioni che causano il degrado delle strutture.

18.1.2 DEFINIZIONE E SCELTA DEI SISTEMI PROTETTIVI

La scelta dei sistemi protettivi filmogeni deve essere effettuata in funzione del tipo di struttura, dell'elemento da proteggere ed in funzione del grado di aggressione a cui è sottoposto, il progetto indicherà il sistema da adottare, in accordo con le specifiche delle presenti Norme.

Nei paragrafi seguenti sono individuati i requisiti, le caratteristiche e le prestazioni, con le relative fasi esecutive e di controllo del sistema protetto prescelto.

Protezione di ponti, viadotti e cavalcavia

Di tipo PP sistema protettivo elastico a base poliuretanica (ciclo alifatico) applicabile a rullo o con airless su qualsiasi tipo di elemento strutturale dove sia richiesto un elevatissimo grado di protezione. Costituito da un primer epossipoliammidico con spessore di 50 µm e da una finitura a base di elastomeri po-liuretanici alifatici applicata in due differenti spessori in funzione del grado di protezione desiderata:

Con 200 µm di spessore si ottiene:

- la protezione contro l'ingresso di CO₂, acqua liquida, cloruri;
- la resistenza ai raggi UV, ai cicli di gelo e disgelo anche in presenza di sali disgelanti;
- Con 300 µm di spessore si ottiene:

- la protezione contro l'ingresso di CO₂, acqua liquida, cloruri;
- la resistenza ai raggi UV, ai cicli di gelo e disgelo anche in presenza di sali disgelanti;
- una Crack bridging ability relativa a cavillature già presenti sul supporto di apertura < 300 µm;

Di tipo PA sistema protettivo elastico a base acrilica in acqua, applicabile a rullo o con airless su qualsiasi tipo di elemento strutturale dove sia richiesto un elevato grado di protezione ma non indicato su elementi strutturali a contatto permanente con acqua, è particolarmente utilizzato per la protezione di superfici in ambiente chiuso in quanto non contiene solventi mentre è sconsigliata l'applicazione in periodo invernale in quanto le basse temperature ne rallentano l'indurimento. Costituito da un primer acrilico in acqua con spessore di 50 µm e finitura acrilica in acqua applicata in due differenti spessori in funzione del grado di protezione desiderata:

Con 200 µm di spessore si ottiene:

- la protezione contro l'ingresso di CO₂, acqua liquida, cloruri;
- la resistenza ai raggi UV, ai cicli di gelo e disgelo anche in presenza di sali disgelanti;

Con 300 µm di spessore si ottiene:

- la protezione contro l'ingresso di CO₂, acqua liquida, cloruri;
- la resistenza ai raggi UV, ai cicli di gelo e disgelo anche in presenza di sali disgelanti;
- una Crack bridging ability relativa a cavillature già presenti sul supporto di apertura < 300 µm;

Di tipo PM protettivo rigido monocomponente a base di metacrilati applicabile a rullo o con airless utilizzabile ove sia richiesto un buon grado di protezione senza alcun performance di Crack bridging ability. Costituito da un primer a base di metacrilati con spessore di 50 µm e finitura a base di metacrilati applicata in spessore di 100 µm;

Protezione di strutture idrauliche

Di tipo PE sistema protettivo rigido epossipoliammidico applicabile a rullo o con airless. Costituito da primer epossipoliammidico con spessore di 50 µm e finitura epossipoliammidica può essere applicato in funzione del grado di protezione richiesto:

- protezione media per canali, tombini ed opere in alveo (pile, fondazioni, muri di sponda, briglie ecc.) su corsi d'acqua caratterizzati da pendenza < 5% e con trasporto solido di diametro < 10 mm è richiesto uno spessore della finitura pari a 400 µm;
- protezione elevata per canali, tombini ed opere in alveo (pile, fondazioni, muri di sponda, briglie ecc.) su corsi d'acqua caratterizzati da pendenza > 5% e con trasporto solido di diametro > 10 mm è richiesto uno spessore della finitura pari a 600 µm;

Tabella 18-1– Sistemi protettivi

| Tipo | per ponti, viadotti e cavalcavia | | | | | per strutture idrauliche | |
|----------|--|--|--|--|--|--|--|
| | PP | | PA | | PM | PE | |
| Prot. | Elevatissima | | Elevata | | Media | Elevata | Media |
| Spessore | primer 50 µm + finitura 300 µm | primer 50 µm + finitura 200 µm | primer 50 µm + finitura 300 µm | primer 50 µm + finitura 200 µm | primer 50 µm + finitura 100 µm | primer 50 µm + finitura 600 µm | primer 50 µm + finitura 400 µm |

18.2 REQUISITI E METODI DI PROVA

Come viene riportato nella norma UNI EN 1504/2 la protezione pellicolare filmogena di strutture in c.a. consente di:

- proteggere dall'ingresso dell'aggressivo;
- incrementare la resistività elettrica mediante limitazione del tenore di umi-dità.

Affinché il sistema protettivo possa assolvere a tali funzioni deve essere caratterizzato dai seguenti requisiti:

- Capacità di barriera: è la capacità del sistema protettivo di isolare il cal-cestruzzo dagli aggressivi presenti nell'ambiente, si riferisce principalmente all'acqua liquida, agli ioni cloruro, all'anidride carbonica, ed all'ossigeno, che partecipano attivamente ai processi di corrosione; nei riguardi di queste sostanze la pellicola di protettivo deve naturalmente risultare il più possibile resistente.
- Resistenza ai raggi ultravioletti: indica la capacità del protettivo a non virare di colore ed ad invecchiare all'esposizione dei raggi UV;
- Permeabilità al vapore d'acqua: la pellicola, sulle strutture aeree (fuori terra) dovrà risultare il più permeabile possibile al vapor d'acqua proveniente dall'interno della struttura; in caso contrario con il variare della temperatura possono generarsi pressioni di vapore all'interfaccia pellico-la/calcestruzzo, capaci di causarne il distacco.
- Aderenza: è la capacità del sistema protettivo di aderire nel tempo al sup-porto, ruolo fondamentale in tal senso svolge il primer quale promotore di adesione tra il supporto cementizio ed il rivestimento protettivo. Tali primer sono formulati di resina in forma liquida, monocomponenti oppure bicomponenti (base + induritore) e si applicano a rullo oppure mediante apparecchiatura a spruzzo di tipo airless per spessori di circa 50 µm.
- Crack bridging ability: è la capacità di mantenere integra la pellicola at-traverso cavillature (< 300 µm) già esistenti nel conglomerato, che normalmente variano di apertura con le variazioni termiche e con il ritiro.

- Resistenza all'abrasione: indica la capacità di resistere all'usura sotto l'azione di azioni abrasive quali pedonabilità, traffico, contatto con acqua in movimento contenete solidi più o meno grossi.

Nella tabella sono indicati i principali requisiti ed i corrispondenti metodi di prova mediante i quali è possibile la caratterizzazione prestazionale dei sistemi protettivi filmogeni.

Tabella 18-2 – Requisiti e metodi di prova

| REQUISITI E METODI DI PROVA | PROTETTIVI DI TIPO | | | | | | |
|--|--|-------------------|----|----|--|--|--|
| | PP | PA | PM | PE | | | |
| Adesione al calcestruzzo | UNI EN 1542 | | | | | | |
| Permeabilità al vapor d'acqua | UNI EN ISO 7783/1 UNI EN ISO 7783/2 | | | | | | |
| Permeabilità alla CO ₂ | UNI EN 1062/6 | | | | | | |
| Crack bridging ability | EN 1062/7 | ----- | | | | | |
| Resistenza al gelo-disgelo con sali disgelanti | UNI EN 13687/1 | | | | | | |
| Permeabilità all'acqua (assorbimento capillare) | UNI EN 1062/3 | | | | | | |
| Invecchiamento artificiale (2000 ore UV e umidità relativa) | UNI EN 1062/11 | | | | | | |
| Resistenza all'abrasione | ----- | UNI EN ISO 5470/1 | | | | | |

18.3 ACCETTAZIONE E SPECIFICHE PRESTAZIONALI DEI SISTEMI PROTETTIVI

Prima che i sistemi protettivi proposti dall'Impresa siano impiegati, la D.L. dovrà verificare che siano tra quelli omologati all'uso da parte del Committente, in base a prove dirette od a seguito dell'esame di prove eseguite presso Laboratori Ufficiali.

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 ai requisiti ed alle prestazioni richieste (dichiarazione rilasciata dal Produttore).

La Direzione Lavori in tempo utile rispetto al programma lavori esprimerà il suo parere, potendo comunque prescrivere l'esecuzione di prove su campioni di materiali prelevati in contraddittorio. Saranno altresì richieste, con le stesse modalità, verifiche su campioni di materiale di normale fornitura e dichiarazioni che attestino le prestazioni specifiche delle partite di materiale, che sono consegnate di volta in volta dalle Società Produttrici.

Le Società Produttrici devono possedere certificazione di qualità ai sensi della normativa UNI EN ISO 9001 e possedere un manuale della Qualità.

La D.L. su indicazione del Committente, potrà richiedere che il Produttore fornisca, congiuntamente al materiale, una dichiarazione che attesti le prestazioni specifiche della partita di materiale che viene consegnato di volta in volta.

Tabella 18-3– Prestazioni dei sistemi protettivi

| REQUISITI | PROTETTIVI DI TIPO | | | |
|--|--|--|--|--|
| | PM | PA | PP | PE |
| Adesione al calcestruzzo | > 3 MPa | > 2 MPa | > 3 MPa | > 3 MPa |
| Permeabilità al vapor d'acqua: - coefficiente di diffusione al vapore - spessore di aria equivalente | $\mu < 32.000$ $Sd < 3,2 \text{ m}$ (sp.100 μm) | $\mu < 1.000$ $Sd < 0,3 \text{ m}$ (sp.300 μm) | $\mu < 6.000$ $Sd < 1,8 \text{ m}$ (sp.300 μm) | $\mu < 60.000$ $Sd < 36 \text{ m}$ (sp.600 μm) |
| Permeabilità alla CO ₂ - coefficiente di diffusione alla CO ₂ - spessore di aria equivalente | $\mu > 1.000.000$ $Sd > 100 \text{ m}$ (sp.100 μm) | $\mu > 700.000$ $Sd > 140 \text{ m}$ (sp.200 μm) | $\mu > 1.300.000$ $Sd > 260 \text{ m}$ (sp.200 μm) | $\mu > 1.500.000$ $Sd > 600 \text{ m}$ (sp.400 μm) |
| Crack bridging ability ² | ----- | 100 μm | 100 μm | ----- |
| Resistenza al gelo-disgelo con sali disgelanti - aderenza al calcestruzzo per trazione diretta dopo i cicli | > 3 MPa | > 2 MPa | > 3 MPa | > 3 MPa |
| Permeabilità all'acqua ³ (assorbimento capillare) | $< 0,08 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-0,5}$ | $< 0,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-0,5}$ | $< 0,005 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-0,5}$ | $< 0,005 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-0,5}$ |
| Invecchiamento artificiale | Nessun degrado | Nessun degrado | Nessun degrado | Schiarimen. colore |
| Resistenza all'abrasione | Perdita in peso < 500 mg | ----- | ----- | Perdita in peso < 500 mg |

18.4 PREPARAZIONE DEL SUPPORTO E MODALITÀ D'APPLICAZIONE DEL SISTEMA PROTETTIVO

La preparazione del calcestruzzo di supporto dovrà essere eseguita mediante sabbiatura sia per eliminare dalla superficie eventuali contaminanti, disarmanti e/o particelle in fase di distacco, che per aumentare l'aderenza del protettivo grazie ad una microruvidità superficiale, seguita da pulizia con aria compressa immediatamente prima della applicazione.

Qualora il supporto presenti vespai od altre imperfezioni superficiali si dovrà provvedere al risanamento mediante rasatura con malte di tipo MR1 come descritto nell'17.

Quando il supporto presenta veri e propri degradi, ammaloramenti profondi, si dovrà asportare il calcestruzzo degradato e/o contaminato e provvedere al risanamento con malte o betoncini cementizi premiscelati ad espansione contrastata in aria come descritto nell' 17. Quando il sistema protettivo viene applicato sul materiale di ripristino la superficie può non essere sabbidata.

Pulizia della superficie

Tutte le superfici su cui verrà applicato il protettivo dovranno essere pulite mediante aria compressa o lavaggio a caduta.

² Spessore del protettivo 300 μm

³ Si ritiene che se l'assorbimento capillare risulta essere $< 0,01 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-0,5}$ non vi sia alcuna diffusione dello ione Cloro

La Direzione Lavori si riserva comunque di approvare i risultati ottenuti dalla preparazione del supporto. Tale approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Impresa relativa al raggiungimento dei requisiti finali del rivestimento protettivo in opera.

Applicazione del sistema protettivo (primer + finitura)

La temperatura di applicazione sia per i primers che per le finiture dovranno essere quelle riportate sulle schede tecniche dei prodotti prescelti.

Al momento dell'applicazione del primer la superficie del supporto dovrà essere asciutta. Nel caso di eventi piovosi o in generale eventi che possano portare ad una bagnatura del supporto, l'applicazione dovrà essere posticipata ed effettuata solo con supporto visivamente asciutto.

I primers e le finiture potranno essere applicate sia con airless che con rullo.

Il tempo intercorrente tra l'applicazione di strati successivi dovrà essere con-forme a quanto riportato sulle schede tecniche del prodotto.

L'applicazione della finitura dovrà avvenire preferibilmente a spruzzo mediante airless; è consentita l'applicazione a pennello od a rullo solo nel caso di protezione di superfici d'estensione limitata.

L'applicazione della finitura sul primer dovrà avvenire nelle seguenti condizioni ambientali:

- temperatura $\geq 5^{\circ}\text{C}$,
- umidità $< 85\%$
- assenza di condensa sul primer (temperatura della superficie almeno 3°C superiore al punto di rugiada).

Non è consentito l'utilizzo di solventi se non entro i limiti espressamente indicati dal produttore; anche il solvente da utilizzarsi dovrà essere dichiarato idoneo dal produttore del protettivo.

Lo spessore del sistema protettivo indicato nel progetto si intende sempre come spessore di film secco, ossia a rivestimento indurito.

Il prodotto non deve provocare inconvenienti d'alcun genere agli applicatori che comunque durante la miscelazione e l'applicazione dovranno indossare guanti, occhiali ed idonei indumenti di lavoro.

In particolare il prodotto non deve contenere idrocarburi clorurati, metanolo, benzene ed altre sostanze d'analogia o maggiore tossicità.

18.5 PROVE, CONTROLLO DELLE PRESTAZIONI E DEGLI SPESSORI, PENALI

La D.L. prima dell'inizio delle lavorazioni dovrà verificare attentamente che i macchinari utilizzati per sabbiatura del calcestruzzo, per la pulizia del supporto e per l'applicazione dei sistemi protettivi siano idonei ad ottenere quanto richiesto dalla Norma Tecnica generale e dal progetto in particolare.

Tali verifiche dovranno essere fatte anche in corso d'opera per verificare che tutte le fasi esecutive siano realizzate come descritto nel paragrafo 18.4, nel progetto specifico e come riportato sulle schede tecniche dei prodotti utilizzati.

In corso d'opera le prove potranno essere ripetute con la frequenza richiesta dalla Direzione Lavori su indicazione del Committente, ed inoltre la stessa Direzione Lavori effettuerà controlli dello spessore sul film umido della singola mano applicata con le seguenti modalità:

- misura dello spessore mediante "pettine" d'idonea graduazione secondo le specifiche della ASTM D 4414 (o ASTM D 1212);
- per superfici globali da proteggere inferiori a 2000 m² almeno una serie di 20 misure;
- per superfici globali da proteggere superiori a 2000 m² almeno una serie di 40 misure;
- la serie di misure sarà, se possibile, omogeneamente distribuita sulla superficie da verificare ed il suo valore medio non dovrà essere minore di quello di progetto.

Nel caso risulti un valore medio inferiore allo spessore di progetto, l'Impresa, a sua cura e spese, provvederà ad integrare lo spessore mancante mettendo in atto tutti gli accorgimenti necessari per la buona riuscita dell'integrazione.

Qualora dalle prove eseguite, anche su materiali posti in opera, risultassero valori inferiori di non più del 10% rispetto a quelli richiesti al paragrafo 18.1, il materiale verrà accettato ma il suo prezzo unitario verrà decurtato del 15% per tutte le superfici ed i volumi su cui si è operato e per tutti i prezzi e sovrapprezzi con cui è stato pagato. Qualora i valori risultassero mi-nori di oltre il 10% rispetto a quelli richiesti, l'Impresa sarà tenuta a sua totale cura e spese alla sostituzione e/o alla rimozione dei materiali già posti in opera.

18.6 RINFORZO DI ELEMENTI IN C.A. TRAMITE COMPOSITI FIBRORINFORZATI

18.6.1 NORMATIVI DI RIFERIMENTO

CNR DT 200/2004 – Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo di interventi di consolidamento statico tramite compositi fibrorinforzati.

ASTM D638-03 Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics (Metodi standard per la determinazione delle proprietà delle plastiche sotto sollecitazione di trazione)

ASTM D 4385 Standard Practice for Classifying Visual Defects in Thermosetting Reinforced Plastic Pultruded Products (Metodo standard per la classificazione dei difetti visivi nei prodotti plastici termoindurenti rinforzati)

18.6.2 RINFORZO TRAMITE BARRE IN CFRP

18.6.2.1 Materiali

Si prescrive l'utilizzo di barre in CFRP a base di materiale rinforzato con fibre di carbonio. Utilizzare barre di diametro conforme a quanto indicato nei documenti progettuali e comunque di diametro medio piccolo (10-12 mm) al fine limitare il rimaneggiamento delle strutture da rinforzare.

Caratteristiche meccaniche delle barre

Resistenza a trazione > 2.000 Mpa

Modulo elastico > 170.000 Mpa

L'applicazione delle barre deve essere eseguita conformemente a quanto indicato al successivo paragrado tramite l'utilizzo di malte epossidiche con consistenza di pasta morbida, tixotropica, esente da solventi, a 2 componenti: resina e relativo induritore.

La temperatura minima di applicazione di tali resine deve essere minore o uguale a +8° C.

18.6.2.2 Modalità esecutive

Eseguire sul calcestruzzo una serie di perforazioni di diametro superiore, di circa 1,5 volte, a quello del diametro della barra scelta. La lunghezza di ancoraggio della barra dovrà essere indicata nel progetto o dalla DL. Posizionare la resina all'interno del foro precedentemente effettuato ed inserire successivamente la barra in CFRP.

Nel caso di rinforzo di solette a flessione la barra può essere posizionata in una scalanatura a sezione quadrata di profondità e larghezza pari ad 1.5 volte il diametro della barra riempita con malta epossidica.

Effettuare una accurata pulizia della scanalatura e delle barre prima della loro messa in opera tramite opportuno diluente.

18.6.3 SISTEMA DI RINFORZO STUTTURALE IN PBO

18.6.3.1 Descrizione del prodotto di rinforzo:

Sistema di rinforzo costituito da rete in fibra di PBO (poliparafenilenbenzobisoxazolo) e da una matrice inorganica stabilizzata. Tale sistema viene impiegato per il rinforzo delle strutture in c.a. e c.a.p., comprese quelle soggette all'azione del fuoco o ad alte temperature, ed in particolare va applicato su strutture in c.a. e c.a.p. per il rinforzo a flessione, rinforzo a taglio, rinforzo a torsione. Inoltre è utilizzato negli interventi in zona sismica per incrementare la resistenza a flessione semplice o a presso flessione e al taglio di pilastri e travi.

La matrice inorganica si impasta con acqua e la si mette in opera come una tradizionale malta cementizia in cui viene annegata la rete strutturale di fibre di PBO.

La malta cementizia speciale, monocomponente, deve consentire la perfetta adesione delle fibre strutturali al sottofondo in calcestruzzo, consentendo quindi il trasferimento delle tensioni tangenziali. La sezione di fibre è doppia in direzione dell'ordito rispetto a quella in direzione della trama.

Le proprietà meccaniche del sistema non sono influenzate dalle alte temperature e dal fuoco, essendo la matrice legante di natura inorganica, caratteristica, questa, che ne permette l'applicabilità su supporti umidi.

- **Caratteristiche prestazionali delle fibre di PBO**

Coefficiente di dilatazione termica($10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$) -6

Temperatura di decomposizione (c°) 650

Allungamento a rottura (%) 2.15

Modulo elastico (Gpa) 270

Resistenza a trazione (Gpa) 5.8

Densità (G/cm3) 1.56

- **Caratteristiche prestazionali della rete di PBO**

Peso della rete 144 g/m2

Peso delle fibre di PBO nella rete 96 g/m2

Spessore in direzione dell'ordito 0.045mm

Spessore in direzione della trama 0.023m

Carico di rottura dell'ordito per unità di larghezza 261.0 kN/m

Carico di rottura della trama per unità di larghezza 131.5 kN/m

▪ **Caratteristiche prestazionali della matrice cementizia**

Peso specifico della malta $1,50 \pm 0,05$ g/cc

Resa Kg/m²/mm 1,050 – 1,150

Resistenza a compressione 29 (Mpa)

Resistenza a flessione 3.5 (Mpa)

Modulo elastico a 28gg 6000 (Mpa)

18.6.3.2 Descrizione della messa in opera

Pulire accuratamente il sottofondo eliminando tutte le parti incoerenti, polvere, concrezioni vegetali, ecc. Qualora sulle superficie, sulle quali applicare il sistema, fossero presenti difetti macroscopici, procedere alla regolarizzazione con malte idonee.

Eventuali copriferri scoperti dovranno essere trattati opportunamente intervenendo sin dal trattamento delle armature e ricostruendo la sezione resistente con malte idonee.

E' sempre necessario lo smusso degli spigoli con un raggio di curvatura minimo di 3 cm quando questi vengono fasciati da materiale composito.

Inumidire opportunamente il sottofondo e applicare con frattazzo metallico liscio la specifica malta idraulica cementizia per circa 3mm.

La rete deve essere stesa con cura esercitando una certa pressione al fine di permettere alla malta sottostante di penetrare attraverso la maglia. Nei punti di giunzione si prevede una sovrapposizione non inferiore a 10 cm.

Applicare fresco su fresco un secondo strato di circa 3 mm di malta cementizia opportunamente lisciata.

Eventuale applicazione di un secondo strato di rete orientato a 45° rispetto al precedente, è completato dalla stesura di uno strato ulteriore di malta.

19 BARRIERE DI SICUREZZA

19.1 PRESCRIZIONI GENERALI

I progetti e le relative esecuzioni relative all'installazione di dispositivi di sicurezza devono attenersi rigorosamente a quanto prescritto dal Decreto Ministeriale dei Lavori Pubblici n. 223 del 18 febbraio 1992 in materia di installazione di dispositivi di sicurezza e dalle successive integrazioni e modificazioni fino al vigente D.M. n°2367 del 21.6.2004.

L'Appaltatore dovrà utilizzare barriere di sicurezza e attenuatori d'urto dotati di Marcatura CE e pertanto installabili ai sensi del Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 28/06/2011. Per gli altri dispositivi, non marcabili CE (transizioni, terminali semplici, terminali speciali, varchi apribili), l'Appaltatore dovrà utilizzare prodotti rispondenti ai requisiti fissati dal D.M. n°2367 del 21.6.2004.

19.2 DISPOSITIVI DI SICUREZZA PREVISTI IN PROGETTO

L'Appaltatore prima di iniziare la produzione si obbliga a comunicare alla Committente l'elenco dei fornitori individuati ed a fornire nei tempi debiti tutta le certificazioni e documentazioni attestanti la qualità dei prodotti forniti in termini di produzione ed installazione così come previsto da leggi e norme vigenti in materia di lavori pubblici, nonché dalle normative tecniche applicabili, secondo anche quanto di seguito dettagliato; ivi compresa la Dichiarazione con di cui all'art. 79, comma 17, del Decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010, n. 207

19.2.1 DISPOSITIVI SVILUPPATI DALLA COMMITTENTE

Laddove l'Appaltatore intenda utilizzare i dispositivi di sicurezza previsti in progetto sviluppati dalla Committente dovrà rendere noto alla stessa, nel periodo compreso tra l'aggiudicazione provvisoria e la definitiva, il produttore di cui ha deciso di avvalersi, ai fini dell'eventuale inserimento del medesimo nel Certificato di Conformità CE laddove non risulti già inserito nell'Allegato 2 ai certificati di prestazione CE (nella disponibilità della Committente).

A tale scopo, detto produttore dovrà rendersi disponibile all'ispezione da parte dell'"Organismo Notificato" che ha emesso i Certificati di Prestazione CE, ai fini dell'accertamento dell'operatività e della conformità del "Controllo di Produzione di Fabbrica" (FPC).

In caso di esito negativo di tale accertamento, la Committente comunicherà all'Appaltatore le motivazioni che non hanno consentito di autorizzare il produttore da questi indicato e fornirà una lista di produttori, precedentemente certificati dal predetto "Organismo Notificato", tra cui l'Appaltatore dovrà scegliere.

19.2.2 DISPOSITIVI SVILUPPATI DA ALTRI PRODUTTORI

L'appaltatore dovrà fornire, per ciascun tipo di DISPOSITIVO sviluppato da altro produttore, la seguente documentazione: crash test report (compresi eventuali integrazioni e supplementi), filmati di crash, disegni costruttivi (di insieme e di dettaglio di tutte le parti del DISPOSITIVO), manuali di utilizzo ed installazione, certificati di prestazione CE ai sensi della norma UNI EN 1317-5.

19.2.3 DISPOSITIVI COMPLEMENTARI (NON MARCABILI CE)

Per ciascun DISPOSITIVO non marcabile CE ma sottoposto a prove iniziali di tipo (crash test), quali Terminali Speciali e Dispositivi Amovibili per Varchi, l'Appaltatore dovrà fornire la seguente documentazione :

- Certificato di omologazione (ove disponibile), rilasciato dal Ministero delle Infrastrutture;
- Crash test report (compresi eventuali integrazioni e supplementi), filmati di crash, manuali di utilizzo ed installazione, disegni costruttivi (di insieme e di dettaglio di tutte le parti del DISPOSITIVO), manuali di utilizzo ed installazione ed ogni altro documento utilizzato per l'ottenimento dell'Omologa.

La Committente si riserva di approvare la suddetta documentazione ed eventualmente di richiedere modifiche ed integrazioni ulteriori sulla base dell'analisi effettuata per rendere la soluzione proposta compatibile con le caratteristiche dell'infrastruttura.

Transizioni, Terminali semplici e Cuspidi, dovranno essere realizzati in accordo ai disegni costruttivi allegati al presente progetto, eventuali modifiche dovranno essere sottoposte all'approvazione della Committente. Sarà onere della Appaltatore produrre e sottoporre all'approvazione della Committente,

prima dell'avvio della produzione, i disegni costruttivi dei dispositivi complementari per i quali, nel progetto, è stato sviluppato il solo tipologico.

19.3 DISPOSITIVI DI RITENUTA EQUIVALENTI

E' in facoltà dell'Appaltatore proporre alla Committente dispositivi di ritenuta equivalenti, alternativi rispetto a quelli previsti in progetto.

Tali dispositivi equivalenti dovranno rispondere ai requisiti prestazionali indicati nel successivo paragrafo 19.4 ed inoltre l'Appaltatore, dovrà fornire la documentazione di cui al successivo paragrafo 19.3.1.

Detta documentazione dovrà essere oggetto di specifica approvazione da parte della Committente; in mancanza l'Appaltatore è obbligato ad avvalersi dei dispositivi previsti in progetto senza eccezione alcuna.

19.3.1 DOCUMENTAZIONE DA PRESENTARE

Nel caso l'Appaltatore intenda utilizzare dispositivi equivalenti dovrà fornire la seguente documentazione:

- a) dichiarazione di equivalenza dei dispositivi utilizzati come base di offerta, sotto il profilo della classe di contenimento e tutti gli elementi comprovanti il rispetto dei requisiti indicati al paragrafo 19.4;
- b) dichiarazione, attestante che il dispositivo proposto non è stato oggetto di parere negativo di respingimento da parte del Ministero delle Infrastrutture e/o del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici nell'ambito della normativa vigente in materia di omologazioni sino al 31/12/2010;
- c) crash test report, filmati di crash, disegni costruttivi, manuali di utilizzo ed installazione, certificati di prestazione CE ai sensi della norma UNI EN 1317-5 o eventuali certificati di omologazione (per dispositivi equivalenti soggetti ad omologa ai sensi del D.M. 2367/04 e non marcabili CE, con particolare riferimento ai dispositivi amovibili per varchi).
- d) disegni costruttivi delle transizioni tra i dispositivi proposti e tra questi ultimi e le altre barriere previste in progetto o esistenti così come specificato all'interno degli elaborati di progetto;
- e) disegni costruttivi degli elementi terminali e di avvio delle barriere equivalenti proposte;
- f) dichiarazione nella quale l'Appaltatore conferma di aver preso visione dei luoghi dove i dispositivi verranno installati, di aver preso visione e verificato tutti i documenti progettuali e

pertanto attesta che il progetto esecutivo può essere considerato equivalente anche utilizzando dispositivi diversi da quelli previsti in progetto. Se del caso, l'Appaltatore accluderà nella dichiarazione l'eventuale proposta di modifiche per garantire l'installazione all'interno dell'infrastruttura esistente. L'accettabilità di dette modifiche sarà poi oggetto di verifica da parte della Committente;

- g) le modifiche necessarie ad adattare il progetto esecutivo aggiornato sulla base dei dispositivi proposti (se del caso).

19.4 CRITERI DI EQUIVALENZA

La Committente verificherà la sussistenza dell'equivalenza dei dispositivi proposti sulla base dei requisiti tecnico-geometrici di seguito indicati e del comportamento dei dispositivi in sede crash desunto dall'analisi della documentazione di cui al precedente paragrafo.

1. BARRIERA BORDO LATERALE METALLICA A LAMA E PALETTI CLASSE H2 W6 (rif. certificato CE: BROH2-21 infissione 1450 mm) :

- Indicazione in planimetria di progetto: **h2bl**
- BARRIERA BORDO LATERALE MONOFILARE METALLICA A LAMA A TRIPLA ONDA E PALETTI, sottoposta a crash su una fila, in classe H2, secondo la norma UNI-EN 1317
- CARATTERISTICHE GEOMETRICHE:
 - o l'intero dispositivo deve avere altezza non superiore a 100 cm e ingombro trasversale massimo non superiore a 45 cm e non inferiore a 40 cm
 - o qualora il dispositivo contenga barre, trefoli, queste dovranno essere protette con profilati in acciaio zincati, già verificati in sede di prova d'urto
- LARGHEZZA OPERATIVA NORMALIZZATA :
 - o Test TB11: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 0,9$ m
 - o Test TB51: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 1,9$ m
- DEFLESSIONE DINAMICA NORMALIZZATA :

- o Test TB11: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 0,6$ m
- o Test TB51: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 1,8$ m
- POSIZIONE DINAMICA LATERALE MASSIMA VEICOLO
 - o Test TB51: Posizione laterale del veicolo (*) $\leq 2,1$ m
- ASI $\leq 1,1$
- PROFONDITA' MINIMA di INFISSIONE STANDARD del PALETTO da CRASH TEST: 0,95 m
- LUNGHEZZA di INFISSIONE del PALETTO: nel caso in cui il progetto preveda una lunghezza di infissione maggiorata rispetto a quella utilizzata nelle prove di crash (installazione standard) il dispositivo proposto dovrà garantire analoga maggiorazione. Eventuali modifiche alla configurazione standard del dispositivo proposto saranno ritenute ammissibili solo in presenza di uno specifico Certificato di Prestazione CE rilasciato ai sensi della norma UNI EN 1317-5 come prodotto modificato.
() se tale grandezza non è riportata nei certificati di crash test del dispositivo si è fatto o si farà riferimento alla Vehicle Intrusion secondo EN1317-2:2010.*

2. BARRIERA BORDO LATERALE METALLICA A LAMA E PALETTI CLASSE H2 W4 (rif. certificato CE: BROH2-21-R-1450) :

- Indicazione in planimetria di progetto: **h2bl-raff**
- BARRIERA BORDO LATERALE MONOFILARE METALLICA A LAMA A TRIPLA ONDA E PALETTI, sottoposta a crash su una fila, in classe H2, secondo la norma UNI-EN 1317
- CARATTERISTICHE GEOMETRICHE:
 - o l'intero dispositivo deve avere altezza non superiore a 100 cm e ingombro trasversale massimo non superiore a 45 cm e non inferiore a 40 cm
 - o qualora il dispositivo contenga barre, trefoli, queste dovranno essere protette con profilati in acciaio zincati, già verificati in sede di prova d'urto
- LARGHEZZA OPERATIVA NORMALIZZATA :
 - o Test TB11: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 0,6$ m
 - o Test TB51: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 1,2$ m

- DEFLESSIONE DINAMICA NORMALIZZATA :
 - o Test TB11: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 0,3$ m
 - o Test TB51: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 1,0$ m
 - POSIZIONE DINAMICA LATERALE MASSIMA VEICOLO
 - o Test TB51: Posizione laterale del veicolo (*) $\leq 1,3$ m
 - ASI $\leq 1,1$
 - PROFONDITA' MINIMA di INFISSIONE STANDARD del PALETTTO da CRASH TEST: 0,95 m
 - LUNGHEZZA di INFISSIONE del PALETTTO: nel caso in cui il progetto preveda una lunghezza di infissione maggiorata rispetto a quella utilizzata nelle prove di crash (installazione standard) il dispositivo proposto dovrà garantire analoga maggiorazione. Eventuali modifiche alla configurazione standard del dispositivo proposto saranno ritenute ammissibili solo in presenza di uno specifico Certificato di Prestazione CE rilasciato ai sensi della norma UNI EN 1317-5 come prodotto modificato.
- (*) se tale grandezza non è riportata nei certificati di crash test del dispositivo si è fatto o si farà riferimento alla Vehicle Intrusion secondo EN1317-2:2010.*

3. BARRIERA BORDO LATERALE METALLICA A LAMA E PALETTI IN CLASSE H3 W6 (rif. certificato CE: BROH3BL6 infissione 1300 mm):

- Indicazione in planimetria di progetto: **h3bl**
- BARRIERA BORDO LATERALE MONOFILARE METALLICA A LAMA A TRIPLA ONDA E PALETTI, sottoposta a crash su una fila, in classe H3, secondo la norma UNI-EN 1317
- CARATTERISTICHE GEOMETRICHE :
 - o la lama a tre onde del dispositivo deve avere una altezza non superiore a 100 cm e l'intero dispositivo deve avere un ingombro trasversale massimo non superiore a 50 cm e non inferiore a 44 cm
 - o qualora il dispositivo contenga barre, trefoli, queste dovranno essere protette con profilati in acciaio zincati, già verificati in sede di prova d'urto
- LARGHEZZA OPERATIVA NORMALIZZATA :

- o Test TB11: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 0,5$ m
- o Test TB61: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 1,7$ m
- DEFLESSIONE DINAMICA NORMALIZZATA :
 - o Test TB11: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 0,3$ m
 - o Test TB61: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 1,5$ m
- ASI $\leq 1,1$
- PROFONDITA' MINIMA di INFISSIONE STANDARD del PALETTO da CRASH TEST: 1,00 m
- LUNGHEZZA di INFISSIONE del PALETTO: nel caso in cui il progetto preveda una lunghezza di infissione maggiorata rispetto a quella utilizzata nelle prove di crash (installazione standard) il dispositivo proposto dovrà garantire analoga maggiorazione. Eventuali modifiche alla configurazione standard del dispositivo proposto saranno ritenute ammissibili solo in presenza di uno specifico Certificato di Prestazione CE rilasciato ai sensi della norma UNI EN 1317-5 come prodotto modificato.

4. BARRIERA BORDO PONTE METALLICA A LAMA E PALETTI IN CLASSE H2 (rif. certificato CE: BROH2BP4/BROH2BP4-RETE):

- Indicazione in planimetria di progetto: **h2bp**
- BARRIERA BORDO PONTE MONOFILARE METALLICA A LAMA A TRIPLA ONDA E PALETTI, sottoposta a crash su una fila, in classe H2, secondo la norma UNI-EN 1317
- CARATTERISTICHE GEOMETRICHE:
 - o l'intero dispositivo deve avere un ingombro trasversale massimo non superiore a 50 cm
 - o qualora il dispositivo contenga barre, trefoli, queste dovranno essere protette con profilati in acciaio zincati, già verificati in sede di prova d'urto
- LARGHEZZA OPERATIVA NORMALIZZATA :
 - o Test TB11: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 0,5$ m
 - o Test TB51: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 1,2$ m
- DEFLESSIONE DINAMICA NORMALIZZATA :

- o Test TB11: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 0,2$ m
- o Test TB51: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 0,8$ m
- POSIZIONE DINAMICA LATERALE MASSIMA VEICOLO
 - o Test TB51: Posizione laterale del veicolo (*) $\leq 1,2$ m
- ASI $\leq 1,4$
- INSTALLAZIONE SUI CORDOLI, dovranno essere rispettate le seguenti condizioni:
 - o in nessun punto la sagoma trasversale della barriera dovrà fuoriuscire da un cordolo di 50 cm di larghezza,
 - o i tasselli di ancoraggio anteriori (lato strada) non dovranno trovarsi ad una distanza inferiore a 12 cm dallo spigolo anteriore del cordolo,
 - o la lama anteriore a tripla onda dovrà essere allineata con lo spigolo anteriore (lato strada) del cordolo,
 - o il funzionamento del sistema di ancoraggio della barriera al cordolo dovrà essere dimostrato nella condizione di installazione su un cordolo da 50 cm di larghezza. Tale verifica dovrà essere comprovata da una dettagliata e documentata relazione tecnica di un professionista iscritto all'albo degli ingegneri.

Tale verifica potrà essere omessa solamente se lo schema di installazione utilizzato in sede di crash test corrisponde esattamente a quello sopra indicato.

- INSTALLAZIONE del DISPOSITIVO in SEDE di CRASH TEST: L'installazione in sede di crash test dovrà essere stata effettuata con il piano di estradosso del cordolo di ancoraggio posizionato ad una quota non superiore a 5 cm rispetto alla quota del piano di rotolamento del veicolo impattante.
- FUNZIONAMENTO del DISPOSITIVO in SEDE di CRASH TEST : in nessun caso dovrà risultare dai filmati e dai report che le ruote del mezzo impattante abbiano utilizzato come supporto, durante l'urto, un eventuale spazio disponibile sul cordolo in calcestruzzo dietro la barriera, ovvero dietro le piastre di ancoraggio.
- FUNZIONAMENTO del DISPOSITIVO in SEDE di CRASH TEST: in nessun caso dovrà risultare dai filmati e dai report il distacco completo di un paletto dalla piastra di ancoraggio o della piastra di ancoraggio di un paletto dal cordolo, con sfilamento/tranciamento completo di tutti i tirafondi.

(*) se tale grandezza non è riportata nei certificati di crash test del dispositivo si è fatto o si farà riferimento alla Vehicle Intrusion secondo EN1317-2:2010.

5. BARRIERA BORDO PONTE METALLICA A LAMA E PALETTI IN CLASSE H4 W5 (rif. certificato CE: BROH4BP8/BROH4BP8-RETE):

- Indicazione in planimetria di progetto: **h4bp**
- BARRIERA BORDO PONTE MONOFILARE METALLICA A LAMA A TRIPLA ONDA E PALETTI, sottoposta a crash su una fila, in classe H4, secondo la norma UNI-EN 1317
- CARATTERISTICHE GEOMETRICHE:
 - o l'intero dispositivo deve avere un ingombro trasversale massimo non superiore a 50 cm
 - o qualora il dispositivo contenga barre, trefoli, queste dovranno essere protette con profilati in acciaio zincati, già verificati in sede di prova d'urto
- LARGHEZZA OPERATIVA NORMALIZZATA :
 - o Test TB11: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 0,5$ m
 - o Test TB81: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 1,7$ m
- DEFLESSIONE DINAMICA NORMALIZZATA :
 - o Test TB11: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 0,3$ m
 - o Test TB81: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 1,4$ m
- ASI $\leq 1,2$
- INSTALLAZIONE SUI CORDOLI, dovranno essere rispettate le seguenti condizioni :
 - o in nessun punto la sagoma trasversale della barriera dovrà fuoriuscire da un cordolo di 50 cm di larghezza,
 - o i tasselli di ancoraggio anteriori (lato strada) non dovranno trovarsi ad una distanza inferiore a 12 cm dallo spigolo anteriore del cordolo,
 - o la lama anteriore a tripla onda dovrà essere allineata con lo spigolo anteriore (lato strada) del cordolo,

- il funzionamento del sistema di ancoraggio della barriera al cordolo dovrà essere dimostrato nella condizione di installazione su un cordolo da 50 cm di larghezza. Tale verifica dovrà essere comprovata da una dettagliata e documentata relazione tecnica di un professionista iscritto all'albo degli ingegneri.

Tale verifica potrà essere omessa solamente se lo schema di installazione utilizzato in sede di crash test corrisponde esattamente a quello sopra indicato.

- **INSTALLAZIONE** del DISPOSITIVO in SEDE di CRASH TEST: L'installazione in sede di crash test dovrà essere stata effettuata con il piano di estradosso del cordolo di ancoraggio posizionato ad una quota non superiore a 5 cm rispetto alla quota del piano di rotolamento del veicolo impattante.
- **FUNZIONAMENTO** del DISPOSITIVO in SEDE di CRASH TEST : in nessun caso dovrà risultare dai filmati e dai report che le ruote del mezzo impattante abbiano utilizzato come supporto, durante l'urto, un eventuale spazio disponibile sul cordolo in calcestruzzo dietro la barriera, ovvero dietro le piastre di ancoraggio.
- **FUNZIONAMENTO** del DISPOSITIVO in SEDE di CRASH TEST: in nessun caso dovrà risultare dai filmati e dai report il distacco completo di un paletto dalla piastra di ancoraggio o della piastra di ancoraggio di un paletto dal cordolo, con sfilamento/tranciamento completo di tutti i tirafondi.
- **RETE DI PROTEZIONE**: il Certificato di Prestazione CE rilasciato ai sensi della norma UNI EN 1317-5, anche come prodotto modificato, dovrà esplicitamente prevedere la possibilità di installazione a tergo della barriera di rete protezione le cui caratteristiche geometriche e meccaniche dovranno essere riportate negli elaborati tecnici prodotti in sede di richiesta di certificazione di conformità.
- **PIASTRE MODIFICATE**: qualora l'adattamento della barriera alle strutture di supporto richieda l'adozione di piastre modificate rispetto alla configurazione della barriera di sicurezza in sede di test crash, tali modifiche dovranno essere oggetto di specifico Certificato di Prestazione CE come prodotto modificato ai sensi della norma UNI EN 1317-5.

6. BARRIERA INTEGRATA PER SICUREZZA E ANTIRUMORE DA BORDO PONTE CLASSE H4

(rif. certificato CE: INTEGAUTOS-SFrT)

- Indicazione in planimetria di progetto: **INTEGRATA**
- BARRIERA INTEGRATA PER SICUREZZA E ANTIRUMORE DA BORDO PONTE, sottoposta a crash su una fila, in classe H4, secondo la norma UNI-EN 1317
- CARATTERISTICHE GEOMETRICHE:
 - l'intero dispositivo deve avere l'intero dispositivo deve avere un ingombro trasversale massimo non superiore a 50 cm
 - qualora il dispositivo contenga barre, trefoli, queste dovranno essere protette con profilati in acciaio zincati, già verificati in sede di prova;
- CERTIFICAZIONE CE per sistema integrato da poter utilizzare in varie configurazioni tutte compatibili e conformi al comportamento del dispositivo originario con riferimento a:
 - Possibilità di installare dispositivi di altezza compresa tra 2.00 m e 5.00m.
 - Possibilità di sostituire il pannello antirumore standard con pannelli in PMMA.
 - Possibilità di sostituire il pannello antirumore standard con dispositivo frangivento
- LARGHEZZA OPERATIVA NORMALIZZATA:
 - Test TB11: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 0,5$ m
 - Test TB81: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 1,9$ m configurazione

H=5.00 – 4.50 m

Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 1,5$ m configurazione

H=4.00 – 3.50 m

Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 1,4$ m configurazione

H=3.00 – 2.50 m

Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 0,9$ m configurazione

H=2.00 m

- ASI ≤ 1,4

Resta comunque inteso che, la Stazione Appaltante possa non ritenere equivalenti, i dispositivi proposti, in riferimento ad altre caratteristiche oggettive, qui non elencate, che saranno esplicitate.

19.5 CONFORMITÀ DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA

19.5.1 ***NORMATIVA DI RIFERIMENTO***

Dispositivi di sicurezza stradali:

- DM Lavori Pubblici n. 223 del 18 febbraio 1992 “Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere di sicurezza”
- DM Infrastrutture e Trasporti n.2367 del 21/06/2004 “Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione l’omologazione e l’impiego dei dispositivi di sicurezza stradali”
- DM Infrastrutture e Trasporti del 28/06/2011 “Disposizioni sull’uso e l’installazione dei dispositivi di ritenuta stradale”
- UNI EN 1317-1 “Sistemi di ritenuta stradali - Parte 1: Terminologia e criteri generali per i metodi di prova”
- UNI EN 1317-2 “Sistemi di ritenuta stradali - Parte 2: Classi di prestazione, criteri di accettazione delle prove d’urto e metodi di prova per le barriere di sicurezza inclusi i parapetti veicolari.
- UNI EN 1317-3 “Sistemi di ritenuta stradali - Parte 3: Classi di prestazione, criteri di accettabilità basati sulla prova di impatto e metodi di prova per attenuatori d’urto”
- UNI ENV 1317-4 “Barriere di sicurezza stradali - Classi di prestazione, criteri di accettazione per la prova d’urto e metodi di prova per terminali e transizioni delle barriere di sicurezza”
- UNI EN 1317-5 “Barriere di sicurezza stradali – Parte 5: Requisiti di prodotto e valutazione di conformità per sistemi di trattenimento veicoli”

Acciaio:

- UNI EN 10025-1:2005 “Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura
- UNI EN 10025-2:2005 “ Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali”
- UNI EN 10051:2011 “Nastri laminati a caldo in continuo e lamiere/fogli tagliati da nastri larghi di acciai non legati e legati - Tolleranze sulle dimensioni e sulla forma”
- UNI EN 10058:2004 “Barre di acciaio piane laminate a caldo per impieghi generali - Dimensioni e tolleranze sulla forma e sulle dimensioni “
- UNI EN 10162:2006 “Profilati di acciaio laminati a freddo - Condizioni tecniche di fornitura - Tolleranze dimensionali e sulla sezione trasversale “
- UNI EN 10204:2005 “Prodotti metallici - Tipi di documenti di controllo”
- UNI EN ISO 6892-1:2009 “Materiali metallici - Prova di trazione - Parte 1: Metodo di prova a temperatura ambiente” (SOSTITUISCE LA UNI EN 10002-1:2004)
- UNI EN ISO 6507-1:2006 “Materiali metallici- Prova di durezza Vickers- Parte 1: Metodo di prova“
- UNI EN ISO 6507-4:2006 “Materiali metallici - Prova di durezza Vickers - Parte 4: Prospetto dei valori di durezza”
- UNI EN 10168:2005 “Prodotti di acciaio - Documenti di controllo - Lista e descrizione delle informazioni”
- UNI EN 10223-4:2000 “Fili e prodotti trafiletti di acciaio per recinzioni - Recinzioni in rete elettrosaldata”
- UNI EN 22768-1:1996 “Tolleranze generali. Tolleranze per dimensioni lineari ed angolari prive di indicazione di tolleranze specifiche”
- UNI EN 10219-1:2006 “Profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali di acciai non legati e a grano fine - Parte 1: Condizioni tecniche di fornitura “
- UNI EN 10219-2:2006 “Profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali di acciai non legati e a grano fine - Parte 2: Tolleranze, dimensioni e caratteristiche del profilo”
- UNI EN 10218-2:1997 “Filo di acciaio e relativi prodotti - Generalità. Dimensioni e tolleranze dei fili”.

Zincatura:

- UNI EN ISO 1461:2009 “Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova”
- UNI EN 10244-1:2009 “Fili e prodotti trafiletti di acciaio - Rivestimenti metallici non ferrosi sui fili di acciaio - Parte 1: Principi generali “
- UNI EN 10244-2:2009 “Fili e prodotti trafiletti di acciaio - Rivestimenti metallici non ferrosi sui fili di acciaio - Parte 2: Rivestimenti di zinco o di leghe di zinco”

- UNI EN 1179:2005 “Zinco e leghe di zinco - Zinco primario”

Bulloneria:

- UNI 3740-1:1999 “Elementi di collegamento filettati di acciaio - Prescrizioni tecniche – Generalità”
- UNI 3740-9:1982 “Bulloneria di acciaio. Prescrizioni tecniche. Confezionamento e tolleranze di fornitura”.
- UNI 3740-12:2004 “Elementi di collegamento di acciaio - Parte 12: Prescrizioni tecniche per rivestimenti di zinco per immersione a caldo”
- UNI EN ISO 898-1:2009 “Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio - Parte 1: Viti e viti prigioniere con classi di resistenza specificate - Filettature a passo grosso e a passo fine”

Saldature:

- UNI EN ISO 3834-1:2006 “Requisiti di qualità per la saldatura per fusione dei materiali metallici - Parte 1: Criteri per la scelta del livello appropriato dei requisiti di qualità”
- UNI EN ISO 17635:2010 “Controllo non distruttivo delle saldature - Regole generali per i materiali metallici” (SOSTITUISCE LA UNI EN 12062:2004)
- UNI EN ISO 5817:2008 “Saldatura - Giunti saldati per fusione di acciaio, nichel, titanio e loro leghe (esclusa la saldatura a fascio di energia) - Livelli di qualità delle imperfezioni”
- UNI EN ISO 3452 “Prove non distruttive - Esame con liquidi penetranti”
- UNI EN ISO 23277:2010 “Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo delle saldature mediante liquidi penetranti - Livelli di accettabilità” (SOSTITUISCE LA UNI EN 1289:2006)
- UNI EN 1290:2006 Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo magnetoscopico con particelle magnetiche delle saldature
- UNI EN ISO 23278:2010 “Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo con particelle magnetiche delle saldature - Livelli di accettabilità” (SOSTITUISCE LA UNI EN 1291:2006)
- UNI EN ISO 17640:2011 Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo mediante ultrasuoni - Tecniche di controllo, livelli di prova e valutazione (SOSTITUISCE LA UNI EN 1714:2005)
- UNI EN ISO 11666:2011 Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo mediante ultrasuoni - Livelli di accettabilità

Calcestruzzo:

- UNI EN 12390-3 “Prova sul calcestruzzo indurito - Resistenza alla compressione dei provini”
- UNI EN 12504-1 “Prove su calcestruzzo nelle strutture – Carote –Prelievo, esame e prova di compressione”
- UNI EN 13791 “Valutazione della resistenza a compressione in situ nelle strutture e nei componenti prefabbricati di calcestruzzo”
- UNI EN 206-1 “Calcestruzzo – Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità”
- DM Infrastrutture 14.01.2008 “Norme tecniche per le costruzioni”
- Consiglio Superiore del Lavori Pubblici – Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive.

19.5.2 CARATTERISTICHE TECNICHE DEI DISPOSITIVE E DEI MATERIALI

I dispositivi di ritenuta ed i materiali impiegati nella costruzione (acciai, calcestruzzo, acciai da armatura, etc) dovranno essere conformi ai disegni tecnici dei prodotti tipo sottoposti alle prove di crash test (ITT).

Eventuali modifiche saranno accettate solo in presenza di uno specifico certificato di prestazione CE rilasciato ai sensi della norma EN 1317-5.

Transizioni, cuspidi e terminali semplici dovranno essere conformi ai disegni costruttivi allegati al progetto o in alternativa elaborati a cura dell'Appaltatore e successivamente approvati dal Committente. A prescindere dalla documentazione che l'Appaltatore dovrà mettere a disposizione secondo i tempi e le modalità di seguito descritte, la Direzione Lavori, ed eventualmente anche la Committente, avrà la facoltà di procedere ad attività di ispezione e controllo nel corso della consegna e dello stoccaggio del materiale fornito ed in qualsiasi fase del processo produttivo e di approntamento dello stesso, al fine di verificare la rispondenza dei componenti alle specifiche tecniche di prodotto, come previsto dal D.M. n°2367 21.06.2004.

In particolare, la Direzione Lavori, ed eventualmente anche la Committente, provvederà a verificare o a far verificare, con la frequenza che riterrà più opportuna:

- A. la rispondenza delle caratteristiche dimensionali di ciascun componente e dell'intero prodotto;
- B. lo spessore e le caratteristiche della zincatura (se presente);
- C. le caratteristiche fisiche del calcestruzzo (se presente);
- D. le caratteristiche fisico-chimiche dell'acciaio (se presente);
- E. le saldature (se presenti);

F. la rispondenza delle caratteristiche dimensionali e qualitative della installazione a quanto previsto in progetto.

G.

19.5.2.1 BARRIERE DI SICUREZZA IN ACCIAIO

L'Appaltatore si obbliga a rendere identificabile l'origine dei componenti delle barriere (comprese le transizioni ed i componenti speciali) provvedendo a:

1. **Far Punzonare** meccanicamente, con il riporto del “**n. di COIL**” da cui proviene il materiale che li costituisce, tutti i componenti elementari principali di ciascuna barriera (intendendosi per tali i Componenti Elementari di cui al successivo punto); si dovrà porre cura affinché i numeri o le lettere oggetto di punzonatura possano essere letti anche dopo il processo di zincatura;
2. **Assicurare la rintracciabilità** dei materiali forniti e depositati nei magazzini attraverso i seguenti provvedimenti:
 - i. Assegnazione a ciascun “Componente Elementare” (pali, nastri a tripla onda, distanziatori, tiranti posteriori, tiranti diagonali, tubi corrimano, mancorrenti a C, etc. - per l'individuazione degli stessi si rimanda ai particolari costruttivi della barriera allegati al contratto), di ciascun tipo di barriera previsto nell'appalto, di un singolo e specifico “Codice identificativo”;
 - ii. Redazione di una “Tabella di Correlazione”, da allegare a ciascun Documento di Trasporto, in cui i singoli “Componenti Elementari” consegnati (elencati nel Documento di Trasporto), identificati con il relativo “**Codice identificativo**”, siano correlati a:
 - *Tipo e Modello di Barriera o di Transizione*
 - *Tipo di Componente Elementare della Barriera o della Transizione*
(ad es.: palo, tubo, nastro, distanziatore, tirante, diagonale, etc.),
 - *Numero di COIL*,
 - *Numero di colata*,
 - *Tipo di acciaio*,
 - *Spessore e larghezza del coil*,

- *N. di pezzi consegnati* (con riferimento a quanto indicato nel “Documento di Trasporto”);
- iii. Fornire, per ciascun **COIL** (identificato con: il suo numero identificativo, il numero di colata, la larghezza del nastro, lo spessore del nastro ed il tipo di acciaio) il Certificato di Collaudo “3.1” ai sensi della norma EN 10204 (il certificato di collaudo dovrà contenere i dati e le informazioni sugli acciai previste dalla norma EN 10168);

Copia di ciascun “Documento di trasporto”, con l’allegata “Tabella di Correlazione” ed il Certificato di Collaudo “3.1”, dovrà essere trasmessa alla Direzione Lavori ed alla Committente all’atto della consegna del materiale nel il sito di stoccaggio dell’Appaltatore presso il cantiere.

3. **Stoccaggio** del materiale secondo le seguenti modalità:

- i. Separazione dei singoli “colli” consegnati: ogni collo fornito e consegnato dovrà riguardare un’unica tipologia di “Componente Elementare”, riferita ad un solo tipo di barriera; inoltre colli specifici e separati dovranno essere preparati e forniti per la bulloneria, le parti miste e altri componenti speciali;
- ii. Identificazione dei singoli “colli” consegnati: ciascun “collo di imballaggio” dovrà essere identificato mediante il suo “Codice identificativo” precedentemente descritto;
- iii. Predisposizione di Specifici “colli di imballaggio” per la fornitura delle Transizioni e Componenti speciali: tali dispositivi dovranno essere confezionati completi di ogni componente e sempre identificabili mediante il loro “Codice identificativo”.

4. Fornire alla Direzione Lavori per i materiali forniti e consegnati le seguenti attestazioni del fabbricante dei dispositivi di ritenuta:

- a.Zincatura: attestazione di conformità alle norme di riferimento per le zincatura di tutti i Componenti Elementari oggetto di fornitura;
- b.Saldature: attestazione che le saldature sono state eseguite da operatori qualificati ed attestazione di conformità delle saldature operate su i Componenti Elementari

oggetto di fornitura con evidenziazione di controlli operati da operatori qualificati (quantomeno di tipo visivo e dimensionale su tutti i pezzi saldati).

NOTA BENE : è possibile che il “SISTEMA DI QUALITÀ” dell’unità produttiva sia basato sul “LOTTO” e non sul “COIL”, intendendosi come LOTTO un insieme di più COIL aventi :

- identiche caratteristiche chimiche (in quanto provenienti dalla stessa colata),
- identiche caratteristiche fisiche (spessore, larghezza, resistenze meccaniche).
- Unico certificato di collaudo “3.1” ai sensi della norma EN 10204

In tale caso il sistema sopra delineato verrà applicato con le seguenti modifiche :

Punto 1) : punzonare meccanicamente, con il **riporto del “n. di LOTTO”** da cui proviene il materiale che li costituisce, tutti i componenti elementari principali di ciascuna barriera.....

Punto 2) Redazione di una **“Tabella di Correlazione”**, da allegare a ciascun Documento di Trasporto, in cui i singoli “Componenti Elementari” consegnati (elencati nel Documento di Trasporto), identificati con il relativo **“Codice identificativo”**, siano correlati a:

- *Tipo e Modello di barriera,*
- *Tipo di Componente Elementare della barriera*
(ad es.: palo, tubo, nastro, distanziatore, tirante, diagonale, etc.),
- *Numero di LOTTO,*
- *Numero di COIL,*
- *Numero di colata,*
- *Tipo di acciaio,*
- *Spessore e larghezza del coil,*
- *N. di pezzi consegnati* (con riferimento a quanto indicato nel “Documento di Trasporto”);

19.5.2.2 BARRIERA DI SICUREZZA IN CALCESTRUZZO

Ciascun elemento NJ dovrà essere identificato da un codice che permetta l’individuazione della data di produzione, e che consenta la rintracciabilità dei documenti e delle certificazioni

relative alla qualità del calcestruzzo utilizzato.

Per il calcestruzzo dovranno essere forniti alla Direzione Lavori i risultati dei controlli eseguiti in stabilimento dal produttore della classe di resistenza previsti dalle normative (vedi paragrafo 4.1) e per l'acciaio dovranno essere forniti i controlli eseguiti in stabilimento dal produttore relativi alle caratteristiche chimiche e meccaniche sugli elementi.

19.5.3 VERIFICHE E ACCETTAZIONE DELLA FORNITURA

Prima dell'avvio della produzione, l'Appaltatore dovrà inviare al Committente ed al Direttore Lavori la Dichiarazione di Prestazione ai sensi del Regolamento UE n.305/2011 (DOP) per i dispositivi soggetti a marcatura CE e la Dichiarazione di Conformità di Produzione (per gli altri dispositivi).

Nelle fasi di produzione ed installazione le verifiche, che si concludono con l'accettazione finale della fornitura, consistono in:

- verifiche alla consegna presso il/i magazzino/i dell'Appaltatore, collocati in prossimità dei siti di installazione;
- verifiche in fase di installazione;
- accettazione finale dell'intera fornitura

19.5.3.1 Verifiche alla consegna presso il sito di installazione

All'atto della consegna nell'area di stoccaggio presso il sito di installazione, la merce dovrà essere accompagnata da:

- “DDT” di consegna;
- “Tabella di Correlazione” (vedi punto 4.2.1) che consenta la rintracciabilità dei coils utilizzati per la realizzazione di tutti i “Componenti Elementari” consegnati;
- Certificato di collaudo di tipo “3.1”, ai sensi della norma EN 10204.

Per le barriere in calcestruzzo i certificati di verifica della classe di resistenza dei calcestruzzi e gli esiti delle prove chimico-fisiche e meccaniche sulle componenti in acciaio.

Sarà cura della Direzione Lavori verificare, a campione, la rispondenza del n. COIL (n. di LOTTO), punzonato meccanicamente sui singoli Componenti Elementari, con quello dichiarato dalla Appaltatore nella “Tabella di Correlazione” allegata ai DDT.

19.5.3.2 Verifiche in fase di installazione

Le successive verifiche sulla fornitura dovranno essere eseguite su richiesta e sotto la supervisione della Direzione Lavori.

Dal materiale giunto in cantiere dovranno essere prelevati dal Direttore dei Lavori i campioni che l’Appaltatore provvederà, a sue spese, a far recapitare ad uno o più laboratori incaricati dalla Committente, previa compilazione di apposito Verbale di Prelievo, sottoscritto da DL e Appaltatore, dove dovranno essere indicati i dati relativi ai campioni prelevati (es. punzonatura e codice identificativo per le barriere in acciaio), oltre al luogo e data del prelievo.

I campioni dovranno essere efficacemente siglati da DL e Appaltatore all’atto del prelievo, al fine di comprovare che il campione prelevato sia quello effettivamente recapitato presso il laboratorio. I costi delle prove restano a carico della Committente.

Le verifiche riguardano:

1) Prove relative agli acciai ed ai calcestruzzi

La Direzione Lavori disporrà l’effettuazione di campionature in situ per controllo delle caratteristiche dell'acciaio dei dispositivi di ritenuta consegnati presso il sito di istallazione e l’effettuazione di campionature, tramite carotaggi, sugli elementi prefabbricati in calcestruzzo (New Jersey) al fine di verificarne la classe di resistenza.

Per quanto riguarda le barriere in acciaio, le campionature, estese ai diversi componenti delle medesime, comporteranno l'estrazione di almeno n. 3 provette per ogni componente (n.1 da sottoporre a test e n.2 da tenere di riserva per ulteriori controlli) ed avverranno con almeno le seguenti frequenze:

- A) Barriere da Bordo Laterale e Spartitraffico: ogni 500 m di fornitura di ciascuna tipologia (con almeno una verifica per ciascuna tipologia impiegata) fino a 2000 m, ogni 1000 m per le quantità eccedenti i 2000 m;
- B) Barriere da Bordo Ponte: ogni 250 m di fornitura di ciascuna tipologia (con almeno una verifica per ciascuna tipologia impiegata) fino a 1000 m, ogni 500 m per le quantità eccedenti i 1000 m;
- C) Transizioni: in numero pari al 10% di fornitura con almeno 1 prova (limitatamente ai componenti non standard).

2) Prove relative alla bulloneria ed alle unioni saldate

Le caratteristiche della bulloneria verranno verificate, attraverso campionature eseguite a cura della Direzione Lavori, al fine di controllare la rispondenza alla “classe” prevista in progetto; i controlli verranno effettuati in riferimento alle Norme di cui al paragrafo 4.1 e secondo le cadenze indicate al punto 1).

I collegamenti tra elementi metallici da effettuarsi mediante saldatura dovranno essere eseguite in conformità alle Norme previste dal Decreto M.LL.PP. del 14/01/2008. In particolare l'Impresa, qualora non espressamente descritto nei disegni di progetto, dovrà rispettare le Norme sopra richiamate, tenendo presente di volta in volta, le caratteristiche generali e particolari delle saldature stesse, ivi compresi, qualità e spessori dei materiali, procedimenti, tipi di giunto e classi di saldatura.

Le caratteristiche delle unioni saldate saranno controllate in conformità alle Norme previste dal Decreto M.LL.PP. del 14/01/2008 da operatori qualificati secondo la norma UNI 473:2001 almeno di secondo livello: per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione.

I controlli verranno effettuati attraverso campionature effettuate con le stesse frequenze di cui al punto 1).

La Direzione Lavori potrà richiedere un controllo visivo più esteso, in magazzino o su strada, da parte degli incaricati di un laboratorio specializzato, mirato ad individuare eventuali presenze d'anomalie sui cordoni, come porosità, inclusioni o cricche.

In entrambi i casi (bullonerie ed unioni saldate) in presenza di anomalie il materiale dovrà essere sostituito con altro rispondente alle specifiche di progetto a cura e spese dell'Appaltatore. I materiali rifiutati dovranno essere immediatamente allontanati dal cantiere a cura e spese dell'Appaltatore.

3) Prove relative alle caratteristiche dei rivestimenti anticorrosivi

Il rivestimento delle superfici dei profilati a freddo, della bulloneria e dei tirafondi sarà ottenuto con zincatura a bagno caldo il quale dovrà presentarsi uniforme, perfettamente aderente, senza macchie, secondo le norme UNI EN ISO 1461/99 .

Le quantità minime di rivestimento di zinco per spessore ed unità di superficie sono riportate e andranno verificate secondo quanto esposto nell'appendice D della suddetta Norma.

I controlli verranno effettuati attraverso campionature effettuate con le stesse frequenze di cui al punto 1).

Nel caso in cui, in sede di accettazione, uno o più componenti della barriera, a seguito delle verifiche eseguite, non risultino conformi alla norma UNI EN ISO 1461/99, la fornitura di detti elementi sarà rifiutata.

Per irregolarità relative alla qualità e spessori della zincatura, l'Appaltatore sarà tenuto a sostituire, a sue spese, i materiali in difetto con altri che corrispondano alle caratteristiche richieste. I materiali rifiutati dovranno essere immediatamente allontanati dal cantiere a cura e spese dell'Appaltatore.

4) Controlli Dimensionali

Per quanto riguarda le verifiche dimensionali dei diversi componenti elementari delle barriere, la Direzione Lavori effettuerà verifiche, con le stesse frequenze di cui al punto 1).

La conformità della produzione alle specifiche progettuali sarà valutata in ragione delle dimensioni nominali degli elementi costitutivi dei singoli dispositivi oggetto di fornitura e delle

tolleranze ammesse dalle norme tecniche di riferimento per ciascuna categoria merceologica oggetto di fornitura e del processo produttivo.

In presenza di anomalie il materiale dovrà essere sostituito con altro rispondente alle specifiche di progetto a cura e spese dell'Appaltatore. I materiali rifiutati dovranno essere immediatamente allontanati dal cantiere a cura e spese dell'Appaltatore.

5) Controlli sul dispositivo installato

La Direzione Lavori dovrà verificare su strada, con la cadenza che riterrà opportuna, le geometrie del dispositivo installato ed il corretto serraggio dei bulloni, sulla base delle indicazioni del Manuale di Installazione e delle relative tolleranze ammesse.

L'esito dei controlli dovrà formalizzarsi tramite compilazione di apposito "Verbale di Verifica sul Dispositivo Installato", sottoscritto dal DL e dall'Appaltatore, dove dovranno essere riportati, oltre agli esiti, i dati relativi all'intervento con indicazione di carreggiata numero e progressiva, descrizione dei controlli effettuati, la data di esecuzione.

6) Controlli sui Tirafondi (Barriere da Bordo Ponte)

Premesso che, per i sistemi di ancoraggio composti da barre e ancoranti chimici con meccanismo di funzionamento indipendente dalla forza di precarico nel tassello metallico, la coppia di serraggio serve unicamente ad evitare l'allentamento/sfilamento del bullone, le verifiche in argomento ("prove di tiro") dovranno essere condotte, tramite martinetto idraulico, al fine di consentire l'individuazione di eventuali anomalie di installazione, senza apportare danneggiamenti agli ancoraggi (tiro da applicare inferiore al limite di funzionamento del sistema).

Si riporta nel seguito l'entità delle prove di "tiro" da effettuare sugli ancoraggi al piede delle barriere di sicurezza da bordo ponte; l'esito verrà considerato positivo qualora i carichi sotto indicati vengano applicati in assenza di cedimenti del sistema di ancoraggio:

- Barriere Metalliche ASPI BROH4BP8 in acciaio (sistema di ancoraggio composto da barre e ancoranti chimici M24) : carico da applicare = 80 KN
- Barriere Metalliche ASPI BROH2BP4 in acciaio (sistema di ancoraggio composto da barre e ancoranti chimici M20) : carico da applicare = 65 KN

Nel caso di utilizzo di barriere metalliche di altro produttore e di “barriere equivalenti” le indicazioni sul livello di carico da applicare dovranno essere ricavate sulla base dell'esame dei crash test report, dei manuali di installazione e dei disegni costruttivi della barriera.

Tali controlli verranno eseguiti a cura della Direzione Lavori con la cadenza di 1 tassello ogni 10 montanti (con un minimo di 1 tassello per ciascun tratto continuo).

In caso di esito negativo la Direzione Lavori disporrà la sostituzione, a cura e spese della Appaltatore, del/dei tassello/i interessato/i e disporrà un infittimento delle prove nell'intorno del/dei i tassello/i interessato/i; a seguito dei risultati di tale approfondimento disporrà le azioni ritenute necessarie nei confronti dell'Appaltatore, sentito il parere tecnico del Progettista e della Committente.

Gli esiti dei controlli sopra descritti (paragrafo 4.3.3 - punti 1,2,3,4,5) dovranno risultare da specifici “Rapporti di Prova” acquisiti dalla Direzione Lavori.

7) Apposizione etichetta di riconoscimento.

Le barriere e gli altri dispositivi di ritenuta installati su strada dovranno essere identificati attraverso etichetta indelebile e non rimovibile da apporre sulla barriera (almeno uno ogni 100 metri di installazione) o sul dispositivo. Nel caso di dispositivi marcati CE la targhetta dovrà risultare conforme allo schema allegato al Certificato di Conformità CE e riportante le indicazioni di cui all'appendice ZA.3 della norma EN 1317-5.

19.5.3.3 Accettazione dell'intera fornitura

A seguito dell'ultimazione dell'intera fornitura prevista, si procederà all'accettazione finale della stessa.

Tale attività potrà essere completata a seguito della disponibilità e della positiva verifica da parte della Direzione Lavori della seguente documentazione:

- Documentazione prevista al paragrafo 4.2, integrata dalla documentazione prevista ai punti 1-6 del paragrafo 4.3.2 e Dichiarazione della Direzione Lavori relativa alla “verifica della

“punzonatura” (riporto del numero di coil) effettuata su i Componenti Elementari delle barriere secondo quanto prescritto al punto 4.3.2;

- Rapporti di prova, riferiti agli esiti dei controlli eseguiti dalla Direzione Lavori, di cui al paragrafo 4.3.3 (punti 1,2,3,4,5),
- Dichiarazione della Direzione Lavori relativa alla verifica della apposizione dell’etichetta di riconoscimento (vedi paragrafo 4.3.3 – punto 6),
- Disegni costruttivi dei Dispositivi Complementari, specificatamente approvati dalla Committente (vedi paragrafo 2.3), nel caso in cui in progetto siano stati inseriti solo i disegni tipologici,
- Nel caso di impiego di Dispositivi Equivalenti, documentazione prevista al paragrafo 3.1, inclusi i disegni costruttivi delle transizioni e dei terminali, approvati dalla Committente, così come ivi previsto;
- Nel caso di Dispositivi previsti in progetto sviluppati da “Altri Produttori” soggetti a marcatura CE, certificati di prestazione CE ai sensi della norma UNI EN 1317-5, insieme a tutta la documentazione di cui al paragrafo 2.2.1;
- Nel caso di Dispositivi previsti in progetto sviluppati da “Altri Produttori” non marcabili CE, certificato di omologazione ai sensi del DM 2367/2004 (ove disponibile), insieme a tutta la documentazione di cui al paragrafo 2.2.2;
- Dichiarazioni di corretta posa in opera ai sensi del DM 2367/2004,
- Certificazioni del produttore dei Dispositivi di Ritenuta, attestante il corretto montaggio e la corretta installazione, ai sensi dell’ Art.79, comma 17 del DPR n.207/2010.

Si ricorda che, ai fini della produzione ed accettazione, "Tutti i produttori dei dispositivi omologati/dotati di marcatura CE" devono essere specializzati e certificati in qualità aziendale secondo le norme della serie EN ISO 9001:2008" (Art. 8 D.M. 3 giugno 1998 n. 3256 - Art. 5 D.M. 11 giugno 1999).

Tutti i dispositivi dovranno essere corredati da una **Dichiarazione di Prestazione (DOP)**, rilasciata dal Produttore del bene responsabile del Processo di Fabbrica (FPC) ai sensi alla norma EN 1317-5.

Dovranno infine essere rilasciate tutte le dichiarazioni previste a carico del Produttore ai sensi delle Leggi in materia di Lavori pubblici e della normativa tecnica vigente all’atto dell’immissione sul mercato dei prodotti oggetto di fornitura.

19.5.4 INSTALLAZIONE DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA

L'installazione dovrà essere eseguita secondo quanto previsto dagli elaborati tecnici del progetto di installazione ed in conformità ai "Manuali di Utilizzo ed Installazione" dei singoli dispositivi.

In aggiunta a quanto riportato nei predetti documenti vanno tenute presenti le seguenti indicazioni:

Nel rispetto e nelle modalità previste all'art. 173 del Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada, sul bordo superiore dei nastri delle barriere metalliche e sul profilo esterno delle barriere in CLS saranno applicati elementi rifrangenti con funzione di delineazione del margine stradale , i quali dovranno essere preventivamente omologati secondo le norme vigenti ed accettati dalla Direzione Lavori.

I sostegni delle barriere su terra saranno infissi con idonea attrezzatura vibrante o a percussione fino alla profondità necessaria per il rispetto della quota stabilita, avendo cura di non deformare la testa del sostegno ed ottenere l'assoluta verticalità.

Quando per la presenza di trovanti o di materiale litoide uniforme non risulti possibile l'infissione attraverso battipalo si dovrà procedere alla perforazione attraverso idonea attrezzatura in modo da consentire il completo inserimento del paletto. Nel caso, l'Appaltatore è tenuto ad avvertire tempestivamente la Direzione Lavori perché questa possa assumere le più opportune decisioni in merito.

In caso di carenza di adeguato supporto dei paletti delle barriere metalliche (vincolo), od altre particolari situazioni, la Direzione Lavori potrà richiedere l'adozione d'adeguate opere di rinforzo del supporto.

Sono a carico dell'Appaltatore le eventuali riprese d'allineamento e rimessa in quota delle barriere per il periodo sino al collaudo ancorché ciò dipenda da limitati cedimenti della sede stradale e la ripresa possa essere eseguita operando sulle tolleranze dei fori di collegamento.

Per quanto concerne il montaggio, l'Appaltatore sarà tenuto a sua cura e spese al completo rifacimento delle istallazioni o di parte di essi se questi non dovessero essere stati eseguiti conformemente a quanto indicato nel progetto e nelle prescrizioni tecniche descritte nei "Manuali di Utilizzo ed Installazione" dei singoli dispositivi.

Nel caso di sostituzione di barriera esistente, l'eventuale smontaggio dovrà essere effettuato con cura senza causare rotture o danni. Eventuali danni o perdite saranno imputate all'Appaltatore.

Le banchine in terra e le cunette in calcestruzzo, sede dei montanti estratti, dovranno essere perfettamente ripristinate nello stato "quo-ante" ed ogni detrito o materiale di scarto trasportato a rifiuto a cura e spese dell'Appaltatore.

Per quanto riguarda specificatamente le barriere in calcestruzzo da Bordo Ponte, qualora non prescritto diversamente in progetto, si avrà cura di :

- Iniziare la posa a partire da un solo lato, del tratto interessato, proseguendo in avanzamento verso il punto terminale (per evitare disallineamenti nei punti di sutura – difficile da correggere),
- Utilizzare apposite “dime” per definire la posizione sul cordolo degli elementi successivi da installare,
- Verificare, in corrispondenza dei giunti dell’opera d’arte, la posizione dell’ultimo elemento standard (Lunghezza = 6 m) prima del giunto e dimensioni e posizione dell’elemento a cavallo del giunto, in riferimento al progetto. Eventuali disallineamenti di quest’ultimo elemento rispetto al progetto dovranno essere comunicati alla Direzione Lavori e da questa al progettista in modo da assumere i provvedimenti più opportuni.

20 DISPOSITIVI INTEGRATI DI SICUREZZA E RUMORE

I criteri di cui all'art. 19 barriere di sicurezza sono ugualmente validi per i dispositivi integrati di sicurezza e rumore.

20.1 CRITERI DI EQUIVALENZA

Per quanto concerne la possibilità in capo all'Appaltatore di avvalersi di dispositivi equivalenti si rimanda la precedente paragrafo 19.4 per la documentazione da presentare mentre in merito ai requisiti prestazionali la Stazione Appaltante verificherà la sussistenza dell'equivalenza dei dispositivi proposti sulla base dei requisiti tecnico-geometrici di seguito indicati e del comportamento dei dispositivi in sede crash.

20.2 VERNICIATURA E ZINCATURA

Per quanto concerne le colorazioni degli elementi delle barriere integrate di sicurezza-rumore si richiama la tabella seguente:

Barriera Integrata tipo "Autostrade" verniciatura e zincatura elementi

| Descrizione | Verniciatura | | Zincatura a caldo UNI EN 1461 | |
|---|--------------|----|-------------------------------|----|
| | SI | NO | SI | NO |
| Terminale standard tripla onda | | X | X | |
| Montante HE A, Piastra di base e fazzoletti di rinforzo | X | | X | |
| Distanziatore a risalita per barriere stradali | | X | X | |
| Piastrina copriasola | | X | X | |
| Tubo corrimano 160 x 80 x 4 L = 4480 mm | | X | X | |
| Elemento terminale per tubo corrimano | | X | X | |
| Corrente Inf. della parte ispezionabile e superiore della parte fissa | X | | X | |
| Corrente di chiusura in testa | X | | X | |

| Descrizione | Verniciatura | | Zincatura a caldo UNI EN 1461 | |
|---|---------------------|-----------|--------------------------------------|-----------|
| | SI | NO | SI | NO |
| Cappellotto da sovrapporre alle estremità superiori di ciascun modulo adiacente | X | | X | |
| Carter di protezione motociclistica | | X | prezincato | |
| Paletto "C" 160 x 120 x 40 x 5,5 | | X | X | |
| Nastro a tripla onda | | X | X | |
| Carter di protezione motociclistica – posizionamento in destra | | X | prezincato | |
| Barra filettata M 24 x 330 con doppio dado e rondella | | X | X | |
| Bullone T.T.D.E. M 16 x 130 classe 8.8 | | X | X | |
| Bullone T.E. M 16 x 45 classe 8.8 + dado + 2 rondelle | | X | X | |
| Bullone T.E. M 18 x 220 classe 8.8 + dado + 2 rondelle | | X | X | |
| Bullone T.E. M 20 x 80 classe 8.8 + dado + 2 rondelle | | X | X | |
| Bullone T.E. M 24 x 80 classe 8.8 + dado + 2 rondelle | | X | X | |
| Bullone T.E. M 16 x 30 - M16 x 50 classe 8.8 + dado + rondella | | X | X | |
| Pannello Fono assorbente di base sx /dx (*) verniciatura solo lato esterno lamiera | X (*) | | | |
| Pannello Fonoassorbente di elevazione sx/dx (*) verniciatura solo lato esterno lamiera | X (*) | | | |
| Cavo ed elementi di tenuta pannelli | | X | X | |

21 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE COPERTURA INTEGRATA

Il dispositivo deve garantire:

- La completa chiusura della copertura attraverso pannellatura fonoassorbente (copertura chiusa) eventualmente con la presenza di pannellatura in PMMA.

21.1 PRESTAZIONI ATTESE

Per quanto concerne le caratteristiche generali del sistema nonché le sue caratteristiche acustiche e non acustiche riferite sia al sistema che al singolo pannello per i sopradetti dispositivi si deve garantire almeno i livelli minimi di prestazione descritti nel Capitolo 15. ed in particolare alla tabella del paragrafo 15.5 (tabella riassuntiva prove e certificazioni).

22 RECINZIONI METALLICHE

22.1 CARATTERISTICHE DELLE OPERE

Le recinzioni si distinguono in funzione della loro destinazione e posizione, nelle tipologie seguenti:

22.1.1 RECINZIONE LATERALE TIPO R.1.A ALTA 1,22 M CON RETE A MAGLIE ELETTROSALDATE

È la recinzione normalmente usata per i bordi laterali del corpo autostradale ed è costituita da una rete metallica in filo di acciaio, a maglie differenziate dell'altezza di 119,4 cm, sorretta da montanti costituiti da paletti di acciaio di sezione ad U, dell'altezza di 122 cm dal piano di campagna, posti mediamente ad interasse di 2,00 m.

Detta rete dovrà essere elettrosaldata, zincata e quando previsto, rivestita con una pellicola in PVC di colore verde R.A.L. 6005 (secondo il registro dei colori R.A.L. 840 HR).

Ogni 30 m circa ed in corrispondenza di piccole deviazioni del tracciato, sarà posto un montante di controvento dotato di una saetta di sezione ad U, unita ad esso a mezzo di bulloncini zintcati del tipo TDE M 8x25, completi di dado e rondella.

Ogni 100 m circa e nel caso di rilevanti variazioni angolari del tracciato, saranno posizionati montanti di caposaldo, uguali ai precedenti ma dotati di due saette, collegate al sostegno come sopra.

Ai suddetti montanti saranno fissati tre ordini di filo di irrigidimento in acciaio zincato e, se previsto, plasticato di color verde; a questi sarà fermata la rete mediante legature ogni 50 cm in modo che questa aderisca perfettamente e si presenti uniformemente tesa, senza ondulazioni o bombature.

I fili di tensione saranno legati ad ogni montante e tesi da tenditori ad occhiello in acciaio zincato o quando previsto, del tipo a molla e sfera di acciaio in monoblocco di zinco pressofuso, applicati ad ogni caposaldo. Ogni 100 m di recinzione saranno apposte targhette in alluminio con la scritta "Divieto di Accesso".

22.1.2 RECINZIONE LATERALE TIPO R.1.B. ALTA 2,12 M CON RETE A MAGLIE ELETTROSALDATE

È la recinzione normalmente usata per le stazioni - posti di manutenzione - parcheggi - depositi della Società - aree di servizio - sullo spartitraffico adiacente le aree di servizio, nella zona compresa tra gli scambi di carreggiata nei casi in cui il corpo stradale si trovi in prossimità di insediamenti residenziali, industriali o di viabilità ordinaria.

Sarà costituita da una rete delle medesime caratteristiche della precedente, a maglie differenziate, rivestita quando previsto, con una pellicola in PVC di color verde R.A.L. 6005, ma di altezza di 180,3 cm e sormontata da due ordini di corda spinosa, sovrapposti di 14,5 cm; la corda sarà composta da due fili di acciaio zincato con triboli a quattro punte distanziati fra loro di 10 cm e, quando previsto, plasticata di colore verde.

I montanti intermedi, di controvento e di caposaldo avranno altezza di 212 cm dal piano di campagna e saranno disposti come descritto per la rete del tipo R.1.A., uno o due saette completeranno il sistema di sostegno della recinzione.

La rete sarà fissata a quattro ordini di filo di irrigidimento e montata con le stesse modalità della precedente avendo cura di darla in opera perfettamente fissata e tesata.

Tutti gli altri componenti la recinzione: legatura, targhette, tenditori, bulloni ed accessori vari avranno caratteristiche uguali a quelle descritte per la recinzione di tipo R.1.A.

22.1.3 RECINZIONE LATERALE TIPO R.1.B. "FAUNISTICA" ALTA M 2,12

La recinzione "Faunistica" sarà uguale alla recinzione di tipo R.1.B. ad eccezione degli ordini di corda spinosa posti alla sommità della recinzione stessa, che saranno sostituiti da due ordini di filo liscio del tipo usato per i tenditori.

La recinzione "Faunistica" sarà installata nei bordi perimetrali della proprietà autostradale qualora il tracciato autostradale attraversi zone con presenza di ungulati o animali selvatici particolari: foreste, parchi Nazionali, aziende faunistiche e venatorie, enti produttori di selvaggina, zone adibite a ripopolamenti, ecc.

L'installazione di detta recinzione sarà eseguita prevalentemente nei tratti in trincea posti a monte della carreggiata dove il dislivello della scarpata favorisce il salto degli animali all'interno della carreggiata autostradale.

22.1.4 RECINZIONE LATERALE TIPO R.2.A. ALTA 1,25 M CON RETE A MAGLIE ANNODATE

Sarà posta sui bordi laterali dei tratti autostradali montani o su terreni che presentano delle notevoli variazioni di pendenza.

Sarà composta da una rete a maglie annodate e differenziate, dell'altezza di 120,1 cm, con sostegni e saette delle stesse dimensioni della recinzione di tipo R.1.A.

La rete sarà realizzata con fili orizzontali continui, distanziati fra di loro e ad essi saranno fissati sulla stessa linea verticale n. 15 segmenti di filo aventi lunghezza uguale a quella delle maglie. I segmenti di filo verticali saranno avvolti con due spirali ai fili orizzontali continui.

I montanti di controvento, di caposaldo e gli accessori saranno disposti come quelli per la recinzione R.1.A., ma con diversa posizione dei fori per il fissaggio dei fili tenditori, delle saette e dei tenditori ad occhiello.

Ai montanti saranno fissati tre ordini di filo di irrigidimento ed a questi sarà fermata la rete mediante legature ogni 46 cm, in modo che si adatti perfettamente al profilo dei terreni di posa evitando così la presenza di ondulazioni o bombature di qualsiasi genere.

Tutti gli altri componenti la recinzione: legatura, targhette, tenditori, bulloni ed accessori vari avranno caratteristiche uguali a quelle descritte per la recinzione di tipo R.1.A.

22.1.5 RECINZIONE LATERALE TIPO R.3.A. ALTA 1,25 M CON RETE A MAGLIE ELETTROSALDATE

È la recinzione normalmente usata per i bordi laterali del corpo autostradale.

Sarà costituita da una rete metallica in filo di acciaio a maglie differenziate di altezza di 119,4 cm, sorretta da montanti costituiti da paletti di acciaio dell'altezza di 125 cm dal piano di campagna, posti mediamente ad interasse di 2,50 m. Detta rete sarà elettrosaldata, zincata e quando previsto, rivestita con una pellicola in PVC di colore verde R.A.L. 6005 (secondo il registro dei colori R.A.L. 840 HR).

Ogni 30 m circa ed in corrispondenza di piccole deviazioni del tracciato, sarà posto un montante di controvento dotato di una saetta, unita al sostegno a mezzo di un gancio zincato, oppure mediante staffe, collari e cappellotti. Le saette dovranno essere installate sulla stessa linea della rete.

Ogni 100 m circa e nel caso di rilevanti variazioni angolari del tracciato saranno posizionati montanti di caposaldo, uguali ai precedenti, ma dotati di due saette, anch'esse collegate al sostegno come descritto precedentemente.

I sostegni suddetti saranno costituiti da montanti tubolari in acciaio a sezione circolare con nervatura longitudinale sagomata per permettere il fissaggio della rete; saranno zincati a caldo, sia esternamente che internamente, con una massa minima di zinco pari a 140 g/m² e successivamente rivestiti con una pellicola in poliestere (PE) dello spessore minimo di 60 µm, di colore verde R.A.L. 6005 (secondo il registro dei colori R.A.L. 840 HR), oppure di colore grigio R.A.L. 7030 (in abbinamento alla rete di tipo zincata).

Dovranno avere inoltre un modulo di resistenza minimo di $W_x = W_y = 2,30 \text{ cm}^3$ per i sostegni intermedi e di $1,30 \text{ cm}^3$ per i sostegni di controvento e di caposaldo.

I sostegni saranno dotati di cappucci in alluminio o in plastica del colore previsto.

Il collegamento della rete ai sostegni avverrà mediante graffette a Clips-inox, poste in opera a mezzo di una speciale pinza sagomata, ogni 30 cm, in modo che la rete aderisca perfettamente e si presenti uniformemente tesa, senza ondulazioni o bombature.

I collegamenti tra montanti e saette saranno realizzati con bulloni in acciaio del tipo M 8X30 con un gancio opposto alla parte filettata, completi di bullone in acciaio, guarnizione e rondella in plastica, oppure mediante staffe o collari con i relativi cappellotti del colore previsto.

Ogni 100 m di recinzione saranno apposte targhette in alluminio con la scritta "Divieto di Accesso - I trasgressori saranno puniti a norma di legge".

22.1.6 RECINZIONE LATERALE TIPO R.3.B. ALTA 1,85 M CON RETE A MAGLIE ELETROSALDATE

Sarà ubicata in alcuni posti di manutenzione - parcheggi - depositi della Società - aree di servizio - sullo spartitraffico adiacente le aree di servizio - nella zona compresa tra gli scambi di carreggiata - nei casi in cui il corpo stradale si trovi in prossimità di insediamenti residenziali, industriali o di viabilità ordinaria.

Sarà composta da una rete del tipo R.3.A, ma di altezza 180,3 cm.

I montanti intermedi, di controvento e di caposaldo avranno l'altezza di 185 cm dal piano di campagna e saranno disposti come descritto per la recinzione R.3.A., protetti da un rivestimento dello stesso tipo, precedentemente descritto. Il loro modulo di resistenza minimo Wx e Wy sarà di 2,30 cm³.

La rete sarà fissata ai montanti con le stesse modalità della precedente con graffette inox ogni 30 cm.

Tutti gli altri componenti la recinzione avranno le medesime caratteristiche descritte per la recinzione tipo R.3.A.

22.1.7 RECINZIONE DI PROTEZIONE SULLE OPERE D'ARTE TIPO R.9.A. ALTA 1,98 M

Questo tipo di protezione sarà montato sui cordoli delle opere d'arte a luce limitata con parapetto metallico nella cui area sottostante siano presenti centri abitati, viabilità ordinaria o insediamenti industriali ed il cui scopo è quello di impedire la caduta di oggetti.

Sarà composta da una rete fissata a dei montanti in acciaio, di sezione ad U, posti dietro i sostegni del parapetto, normalmente ad interasse di 1,33 m, ai quali saranno uniti mediante due fasce di nastro metallico e graffettate.

La rete, alta 193 cm, sarà fissata con legature a quattro ordini sovrapposti di fili di tensione ogni 50 cm, legati ad ogni montante e tesi con tenditori applicati ai montanti terminali e di controvento, come già descritto per la normale recinzione laterale.

Dovrà essere elettrosaldata, zincata, a maglie quadrate e dovrà essere posizionata alla distanza di 2,5 cm dal cordolo del manufatto. All'inizio ed al termine di ogni tratta saranno montate delle saette, di sezione ad U, ancorate con malta di cemento reoplastico in fori da predisporre nel coronamento dell'opera.

Tutti gli altri componenti la protezione: fili di tensione e legature, tenditori, bulloni ed accessori vari avranno le stesse caratteristiche previste per le recinzioni laterali tipo R.1.A e R.1.B.

22.1.8 RECINZIONE ANTISCAVALCAMENTO PER AREE DI SERVIZIO TIPO R.4.B. ALTA 2,40 M

La recinzione tipo R.4.B. sarà ubicata nei confini della proprietà autostradale in prossimità delle aree di servizio.

La recinzione è costituita da pannelli di rete metallica a maglie rettangolari dell'altezza di 240 cm, sorretta da montanti scatolari opportunamente sagomati, posti ad interasse di 2,53 m.

I pannelli di rete sono composti da due elementi sovrapposti per ogni interasse, di dimensione diverse, realizzati per mezzo di fili verticali e piatti orizzontali elettrosaldati; il secondo pannello avrà la parte superiore inclinata di 45 gradi verso l'esterno per una lunghezza di 40 cm, in modo da impedire l'accesso di persone dall'esterno.

Saranno zincati, previa fosfatazione e rivestiti con una pellicola di poliestere dello spessore di 100 µm, di colore verde R.A.L. 6005 (secondo il registro dei colori R.A.L 840 HR).

Ai tubolari, di sezione quadrata, saranno fissati i pannelli di rete mediante staffe inox e bulloni di sicurezza antisvitamento, ogni 40 cm, in modo che aderiscano perfettamente ai montanti stessi. In caso di terreni ondulati i pannelli saranno posizionati in modo sfalsato mediante l'utilizzo di sostegni più lunghi.

I tubolari saranno zincati a caldo, sia esternamente che internamente con una massa minima di zinco pari a 130 g/m² per ogni faccia, previa fosfatazione: dovranno avere un modulo di resistenza pari a $W_x = W_y = 1,35 \text{ cm}^3$ e saranno infine rivestiti con una pellicola di poliestere dello spessore minimo di 60 µm, di colore verde RAL. 6005 (secondo il registro dei colori R.A.L. 840 HR).

Per collegare tra di loro il pannello inferiore a quello superiore ed entrambi al sostegno saranno utilizzati giunti di collegamento in profilato in acciaio a C, zincati e rivestiti come i tubolari, del colore verde previsto, mentre i cappucci per i sostegni saranno realizzati in plastica, del colore verde previsto, di forma tale da poter essere inseriti perfettamente nei pali scatolari.

Il collegamento della rete ai sostegni avverrà a mezzo di staffe di sicurezza in acciaio pressofuso utilizzando speciali viti di sicurezza che saranno realizzate in acciaio INOX AISI 303 dei tipo TT M 6x60; le suddette viti saranno formate da una semisfera filettata e da una testa esagonale che a serraggio avvenuto si distaccherà dalla parte sferica la quale invece rimarrà a vista.

I relativi copribulloni saranno realizzati in plastica a forma di asola e saranno collocati sulle cavità delle staffe di fissaggio in corrispondenza del bullone a mezzo di silicone, mentre le graffette in acciaio INOX, saranno impiegate per collegare i pannelli in caso di formazione di angolo acuto.

Per motivi di sicurezza, la recinzione dovrà essere installata in modo che la bulloneria e le staffe di fissaggio dei pannelli, rimangano all'interno della proprietà autostradale in modo da impedire eventuali manomissioni.

L'Appaltatore dovrà inoltre fornire tutti gli accessori necessari alla completa esecuzione del lavoro e in particolare nel caso di recinzione installata su tracciati con angoli acuti o ottusi, dovrà provvedere a fornire pali con forme particolari, graffe speciali e quanto altro occorra per avere l'opera rispondente alle necessità richieste.

I cancelli di sicurezza saranno realizzati secondo le prescrizioni, forme e dimensioni contenute nei disegni di Progetto.

Dovranno aprirsi verso l'interno della proprietà autostradale e dovranno essere muniti di serrature anti-trapano del tipo "kama" o di altro tipo che comunque dovranno essere preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

Inoltre, le maniglie dovranno essere posizionate solo nella parte interna del cancello.

Ogni 100 m di recinzione saranno apposte le previste targhette in alluminio con la scritta "Divieto di Accesso - I trasgressori saranno puniti a norma di Legge".

22.2 **QUALITÀ DEI MATERIALI - PROVE**

22.2.1 **QUALITÀ DEI MATERIALI**

1) Caratteristiche dell'acciaio.

I montanti e le saette impiegati per le recinzioni dovranno essere esenti da difetti come bolle di fusione e scalfitture e di tipo extra per spessori e finiture; dovrà essere della qualità UNI EN 10025 - S235 JR.

L'acciaio impiegato per la costruzione degli elementi metallici, dovrà avere inoltre attitudine alla zincatura, secondo quanto previsto dalle Norme NF A 35-303 : 1994 - Classe 1.

La rete, i fili di tensione e la corda spinosa saranno realizzati in acciaio crudo, con resistenza minima unitaria di rottura di 45 kg/mm², mentre i fili di legatura, in acciaio dolce, ad eccezione dei fili longitudinali della rete a maglie annodate, che dovranno avere una resistenza minima unitaria di rottura di 110 kg/mm².

2) Tolleranze dimensionali.

Nella costruzione dei profilati di acciaio formati a freddo si dovranno rispettare le prescrizioni e le tolleranze previste dalle norme UNI 7344. Per le tolleranze degli spessori dei profilati e della rete, sarà accettata una tolleranza massima di $\pm 0,05$ mm.

3) Zincatura delle reti, fili, corde spinose.

La rete, i fili e la corda spinosa saranno zincati a caldo secondo le caratteristiche della classe P (zincatura pesante). In particolare la quantità minima accettabile della massa di zinco dovrà essere di 230 g/m².

Il rivestimento protettivo della rete dei fili e della corda spinosa delle recinzioni sarà costituito da zinco di qualità Zn 99,95 oppure da una lega eutettica di zinco ed alluminio. In questo caso, la percentuale di alluminio presente nella lega, non dovrà superare il 5%.

4) Zincatura dei sostegni e delle saette tradizionali ad U.

Il rivestimento delle superfici dei profilati a freddo sarà ottenuto con zincatura a bagno caldo, il quale dovrà presentarsi uniforme, perfettamente aderente, senza macchie e difetti, secondo le norme CNR-CEI n.7-6/VII 1968. Le quantità minime di rivestimento di zinco per unità di superficie sono di 350 g/m². Lo zinco impiegato per i rivestimenti dei profilati dovrà essere di qualità Zn 99,95.

5) Zincatura dei sostegni e delle saette tubolari a sezione circolare.

Il rivestimento delle superfici sia interne che esterne dei tubolari a sezione circolare sarà ottenuto con zincatura a bagno caldo o con processo sendzimir; dovrà presentarsi uniforme, perfettamente aderente, senza macchie e difetti, secondo le norme CNR-CEI n.7-6/VII 1968.

Le quantità minime di rivestimento di zinco per unità di superficie sono di 140 g/m². Lo zinco impiegato per i rivestimenti dei profilati dovrà essere di qualità Zn 99,95.

Questi tipi di componenti saranno successivamente rivestiti con poliestere.

6) Zincatura dei pannelli e pali.

Il rivestimento delle superfici, sia interne che esterne, dei profilati formati a freddo sarà ottenuto con zincatura a bagno caldo; dovrà presentarsi uniforme, perfettamente aderente, senza macchie e difetti. Le quantità minime di rivestimento di zinco per unità di superficie sono di 40 g/m² per i pannelli e di 130 g/m² per i pali.

Lo zinco impiegato per i rivestimenti dei profilati dovrà essere di qualità Zn 99,95.

Questi tipi di componenti saranno successivamente rivestiti con poliestere.

7) Fosfatazione.

I pannelli ed i pali per la recinzione di tipo R.4.B dovranno subire un processo di fosfatazione ai sali di zinco.

8) Rivestimento di protezione.

I pali e gli accessori della recinzione di tipo R.4.B e dei montanti a sezione circolare della recinzione di tipo R.3, saranno ricoperti con un film di poliestere dello spessore di 60 µm mentre i pannelli con un film dello spessore di 100 µm, di colore verde RAL 6005; le reti eletrosaldate saranno invece,

quando previsto, ricoperte da un film in PVC dello stesso colore. Tali films dovranno essere perfettamente aderenti ad essi, resistenti all'azione da parte dei raggi ultravioletti ed infrarossi, alle variazioni di temperatura, essere non infiammabile e stabile nei colori.

La corda spinosa e i fili saranno zincati e rivestiti analogamente.

22.2.2 PROVE SUI MATERIALI

1) Prove relative alle caratteristiche dell'acciaio e della bulloneria.

La qualità dell'acciaio sarà verificata con le prove previste dalle Norme UNI EN 10025.

Il controllo degli spessori, dimensioni e prescrizioni sarà fatto misurando i materiali in più punti e sarà ritenuto positivo se tutte le misure rientrano nei limiti delle prescrizioni e tolleranze richiesti.

2) Prove di corrosione.

La rete, i fili e la corda spinosa saranno sottoposti alla prova di sollecitazione corrosiva, di 28 cicli per la rete tradizionale o di 20 cicli per la rete relativa alla recinzione di tipo R.4.B, in clima variabile di acqua condensa con atmosfera contenente anidride solforosa, secondo le Norme DIN 50018 SFW 1.0S (un litro di SO₂ per un volume totale della camera di 300 l). I relativi provini saranno depositi nell'apparecchio di "Kesternich" per la durata massima dei 28 o 20 cicli previsti.

Ogni ciclo avrà la durata di 24 h, suddiviso in due parti: nella prima parte, della durata di 8 h, i campioni saranno sottoposti alla sollecitazione dell'agente corrosivo composto da H₂O + SO₂; nella seconda parte i campioni saranno tenuti a riposo mediante aerazione degli stessi.

Il materiale sarà ritenuto accettabile qualora al termine della prova della durata dei cicli richiesti, i campioni non abbiano subito alcuna entità di ossidazione aderente e/o permanente.

La rete zincata rivestita con film in PVC sarà sottoposta alla prova di sollecitazione corrosiva, precedentemente descritta, dopo aver asportato chimicamente la pellicola di PVC.

Gli eventuali films di PVC di rivestimento della rete dovranno rispondere inoltre ai seguenti requisiti senza che al termine delle prove subiscano alcuna alterazione:

- Resistenza all'invecchiamento ponendo i campioni in forno a ventilazione forzata, alla temperatura di 80 ± 2 °C per 6 h secondo le Norme DIN 16938.
- Stabilità dei colori esponendo i campioni ad una sorgente luminosa UV di 2000 W per 24 h.
- Ciclaggio termico, ponendo i campioni a sbalzi di temperatura di ±20 °C alternati in maniera rapida ogni ora.

Relativamente ai sostegni e alle saette tradizionali zincati con sezione ad U, le caratteristiche del rivestimento di zinco saranno verificate con le prove previste dalle Norme CNR - CEI n. 7-6/VII 1968 descritte di seguito:

- Determinazione della qualità dello zinco mediante analisi chimica.
- Determinazione della massa dello strato di zinco.

- Determinazione dello spessore dello strato di zinco.
- Determinazione della uniformità di spessore del rivestimento di zinco.
- Determinazione della aderenza dello strato di zinco.

Relativamente ai montanti e alle saette tubolari a sezione circolare zincate e rivestite in poliestere, dovranno essere sottoposti alla prova di sollecitazione corrosiva di 20 cicli in clima variabile di acqua condensa con atmosfera contenente anidride solforosa secondo le norme DIN 50018 SFW 1,0 S.

I relativi provini saranno depositi nell'apparecchio di "Kesternich" dopo l'esecuzione di un intaglio sulla pellicola di poliestere parallelo all'asse del sostegno per la durata massima di 20 cicli e testati come previsto per la rete.

La pellicola di poliestere di rivestimento dovrà rispondere ai seguenti requisiti, senza che al termine dei quali subisca alcuna alterazione:

- Prova alla nebbia salina secondo le Norme ASTM-B 117 resistenza fino a 1000 h.
- Prova di aderenza della pellicola di poliestere (PE) secondo le Norme DIN 53151 (GT=G).
- Prova di resistenza alla luce con lampade XE-NON 6000 W, nessuna alterazione dopo 2000 h.

Relativamente a tutti gli altri accessori, dovranno essere verificati con le norme e i criteri dei relativi settori di appartenenza e comunque nel rispetto delle norme già descritte.

22.2.3 ACCETTAZIONE DEI MATERIALI

I materiali da impiegare nelle lavorazioni dovranno essere forniti da Produttori che dimostrino la disponibilità di un efficiente sistema per il controllo qualitativo della produzione. I materiali dovranno essere forniti da Produttori certificati secondo la UNI EN ISO 9001 in conformità a quanto previsto dalla Circolare del Ministero dei lavori Pubblici del 30/05/96 n.125 e successive modificazioni.

In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori; ciò stante l'Appaltatore resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto possa dipendere dalla qualità dei materiali stessi.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di svolgere ispezioni in officina per constatare la rispondenza dei materiali impiegati circa le attestazioni e la regolarità delle lavorazioni. La qualità dei materiali sarà verificata tutte le volte che questa lo riterrà opportuno. Di norma le campionature saranno eseguite con la cadenza descritta di seguito, tenendo conto che ogni prelievo sarà composto da un campione di ciascuno dei componenti della recinzione, prelevati in contraddittorio con un rappresentante dell'Appaltatore:

1) Prove relative alle caratteristiche dell'acciaio:

- un prelievo per ogni 5.000 m di impianto e comunque una prova per ogni partita pervenuta in cantiere.

2) Prove relative alle caratteristiche anticorrosive:

- un prelievo per ogni 3.000 m di impianto e comunque una prova per ogni partita pervenuta in cantiere.

Le campionature relative alla zincatura dovranno essere inviate dalla Direzione dei Lavori al "Laboratorio Autostrade" (Centro rilevamento dati e prove sui materiali), per essere sottoposte alle analisi di controllo.

Le campionature relative alle resistenze e tolleranze dell'acciaio e della bulloneria saranno invece inviate dalla Direzione dei Lavori presso un laboratorio qualificato a scelta della stessa Direzione Lavori. I risultati ottenuti in tali laboratori saranno i soli riconosciuti validi dalle parti e ad essi si farà riferimento a tutti gli effetti.

Qualora le prove eseguite su una serie di campioni risultasse fuori norma, esse saranno ripetute su ulteriori due serie e soltanto se i risultati di queste ultime avranno dato esito positivo il materiale sarà ritenuto idoneo; in caso contrario saranno applicate le penali di seguito elencate.

Per quanto concerne il montaggio, la corretta e regolare esecuzione dei lavori sarà accertata dalla stessa Direzione Lavori che potrà richiedere anche la demolizione dell'opera in caso di grave negligenza.

22.2.4 MODALITÀ D'ESECUZIONE

I lavori di posa in opera della recinzione si svolgeranno ai lati del corpo autostradale e delle sue pertinenze, lungo un tracciato che di norma seguirà il limite della proprietà autostradale, salvo disposizioni diverse.

L'Appaltatore dovrà predisporre per una fascia larga 1,00 m circa e per le tratte previste dal Progetto, il taglio della vegetazione sia erbacea che arbustiva di qualsiasi specie e forma, comprese le piante di alto fusto, lo spianamento e la sistemazione del piano di posa della recinzione.

I materiali rimossi dovranno essere di volta in volta allontanati dalle pertinenze autostradali a meno che la Direzione Lavori non disponga il loro reimpiego in sito.

I montanti, come le saette, dovranno essere ancorati al terreno con blocchetti di calcestruzzo o con cordoli di cemento armato, dimensionati fino a resistere senza visibile cedimento ad una spinta orizzontale di 60 kg, applicata sul paletto all'altezza di 1,00 m da terra mentre in caso di terreni rocciosi, strutture in calcestruzzo o pavimentazioni, saranno ancorati in fori di dimensioni adeguate, eseguiti preventivamente e successivamente riempiti di conglomerato cementizio reoplastico.

Al piede della rete e fino a coprire la prima maglia in basso, sarà eseguito un rincalzo con terra o altro materiale analogo.

In corrispondenza di fossi o tombini saranno riportati pezzi di rete verticali od orizzontali sistematici e fissati a chiusura del cavo del fosso o dell'imbocco del tombino; nel caso che la recinzione termini o

inizi contro o sopra un muro di sostegno, la rete dovrà essere prolungata e fissata al muro mediante chiodi sparati in modo da impedire il passaggio o lo scavalcamento dello stesso.

Nel caso di sostituzione di tratti di recinzione obsoleta, è fatto obbligo che i lavori di posa in opera della nuova recinzione seguano immediatamente quelli di rimozione affinché non rimangano tratti non protetti o comunque varchi o passaggi aperti.

L'eventuale rimozione dei sostegni potrà avvenire ad esclusivo giudizio della Direzione Lavori, sia mediante il taglio alla base degli stessi, sia mediante la rottura in situ o l'asportazione dei blocchetti o dei cordoli di fondazione.

La misurazione della fornitura in opera o della rimozione delle varie tipologie di recinzione sarà eseguita per tratte continue comprese fra le due estremità e sarà valutata per il suo sviluppo in opera senza tener conto di eventuali sovrapposizioni.

22.2.5 PENALI

Qualora le caratteristiche e la qualità dei materiali, non dovessero corrispondere ai limiti in precedenza indicati, la partita sarà ritenuta in penale e la Direzione Lavori procederà alla loro applicazione nel modo di seguito descritto:

1) Per irregolarità relative alla qualità dell'acciaio, spessori e dimensioni dei materiali e quanto altro possa concorrere anche in modo parziale a compromettere la resistenza strutturale degli impianti:

in questo caso l'Appaltatore sarà tenuto a sostituire a sue spese i materiali in difetto con altri che rispondano alle caratteristiche richieste. I materiali rifiutati dovranno essere immediatamente allontanati dal cantiere a cura e spese dell'Appaltatore.

2) Per irregolarità relative alle caratteristiche delle protezioni antocorrosive dei materiali metallici od altro, che comunque non concorrono a compromettere la resistenza degli impianti:

in questo caso si procederà all'applicazione di una sanzione pari a quelle indicate nella tabella seguente:

| PENALI RELATIVE ALLE ZINCATURE | |
|--|---|
| Variazione percentuale di quantità o qualità antocorrosiva in meno, rispetto al richiesto | Sanzione percentuale da applicarsi sul prezzo/i relativo all'opera non a norma |
| Fino al 10% in meno | 10% |

| | |
|------------------------|---------------------------------------|
| Dal 10% al 20% in meno | 15% |
| Oltre il 20% in meno | Sostituzione dei materiali in difetto |

3) Per irregolarità relative alle modalità di esecuzione:

in questo caso l'Appaltatore è tenuto a sua cura e spese al completo rifacimento degli impianti o a parte di essi se questi non fossero stati eseguiti secondo le indicazioni progettuali o della Direzione Lavori.

23 - OPERE IN VERDE

23.1 GENERALITÀ

Le presenti Norme regolano l'esecuzione:

- delle opere in verde per l'inserimento dell'autostrada nel paesaggio; della sistemazione a verde, nelle aree previste in progetto;
- degli eventuali lavori preliminari per la preparazione delle zone di impianto;
- dei lavori di manutenzione degli impianti a carico dell'Impresa fino al collaudo dei lavori in appalto, compresivi anche degli oneri per la sostituzione delle essenze arboree per le eventuali fallanze.

23.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

23.2.1 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 venga 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.

Il terreno da fornire per il ricarico, la livellazione e le riprese di aree destinate a verde, dovrà essere a reazione neutra e quindi possedere un pH dell'estratto acquoso compreso fra 6,8 e 7,2.

Solo per questo parametro possono valere delle specificazioni diverse in ordine a particolari esigenze di pH per alcune specie vegetali.

Le caratteristiche tessiturale dovranno essere quelle di un terreno di "medio impasto" o "franco" o "terra a tessitura equilibrata" che si compone, in via indicativa, di:

| | Diametro | (%) |
|----------------|-----------------|---------|
| <i>sabbia</i> | 2 - 0,02 mm | 35 - 55 |
| <i>limo</i> | 0,02 - 0,002 mm | 25 - 45 |
| <i>argilla</i> | < 0,002 mm | 10 - 25 |

e di una frazione trascurabile di elementi con diametro compreso fra i 2 e i 20 mm (scheletro).

I parametri chimici che devono essere sempre analizzati, dovranno invece possedere i "valori normali" che vengono di seguito indicati.

| Analisi chimica | |
|-------------------------------|---|
| | Valori "normali" |
| <i>reazione</i> | pH = 6,8 - 7,3 |
| <i>calcare totale</i> | - |
| <i>calcare attivo (%)</i> | - |
| <i>Sostanza organica</i> | 2 % |
| <i>Azoto totale</i> | N = 1,5 - 2 % |
| <i>fosforo assimilabile</i> | P ₂ O ₅ = 50 - 80 ppm * |
| <i>potassio scambiabile</i> | K ₂ O = 100 - 200 ppm * |
| <i>magnesio scambiabile</i> | 50 - 100 ppm |
| <i>ferro assimilabile</i> | 2,5 ppm |
| <i>Manganese assimilabile</i> | 1,0 ppm |
| <i>zinco assimilabile</i> | 0,5 ppm |
| <i>rame assimilabile</i> | 0,2 ppm |

* Per il fosforo e il potassio alcuni laboratori esprimono i risultati in termini di P e K. Tali risultati possono essere trasformati nei corrispondenti P₂O₅ e K₂O moltiplicandoli rispettivamente per 2,3 e 1,2.

I "valori normali" della sostanza organica, del fosforo e del potassio definiscono le "sufficienze" per le colture arboree, ma possono anche variare per delle specifiche esigenze. Il calcare va considerato sia nel totale che come calcare attivo (in soluzione) in quanto influisce negativamente sull'assorbimento del ferro e dei fertilizzanti fosfatati (per retrogradazione).

Le defezioni riscontrate fra i dati dell'analisi ed i "valori normali", dovranno essere corrette con la somministrazione di ammendanti e/o concimi secondo la risultanza di appropriati calcoli.

La concimazione organica di base può essere effettuata in alternativa con letame maturo, con humus o con sottoprodotti organici come lettiera sfruttate nella coltivazione artificiale dei funghi, da scarti di lavorazione animale (cuoiattoli, cornunghia, ecc.), dell'industria tessile (cascami di lana), di vinacce esauste, alghe, compost, ecc..

Per avere un quadro completo delle caratteristiche pedologiche sarà necessario sottoporre ad analisi, in numero adeguato, campioni di suolo che siano rappresentativi. È opportuno pertanto raccogliere campioni in punti diversi e per ciascun punto procedere al prelievo in:

- un solo orizzonte (0-200 mm) nel caso di rivestimenti erbacei;
- due diversi orizzonti (0-200 mm; 500-800 mm) nel caso di im-pianti arbustivi e/o arborei.

I campioni prelevati ad una stessa quota ma in punti diversi devono essere mescolati in modo da ottenere un unico campione del peso indicativo di circa 2 kg. I campioni prelevati ed etichettati dovranno venire inviati a Laboratori Ufficiali per l'analisi fisico e chimica.

Si precisa inoltre che nel terreno vegetale non è ammessa la presenza di radici, di altre parti legnose o di qualunque altro materiale o sostanza fitotossica.

23.2.2 CONCIMI MINERALI ED ORGANICI

I concimi vengono utilizzati:

- per costruire nel terreno da fornire o sul quale si vuole effettuare un impianto, una adeguata ed omogenea dotazione di elementi nutritivi dimostratisi carenti alle analisi di Laboratorio; nel tal caso si parlerà di concimazione di fondo;
- per mantenere la funzione nutritiva del terreno proporzionalmente alle asportazioni, nel qual caso si parla di concimazione di copertura.

Gli elementi che risultano indispensabili sono N, P, K, Ca, MG, S: questi vengono denominati macroelementi perché assorbiti in grande quantità.

Gli elementi richiesti in quantità minima vengono invece chiamati microelementi e sono: Mn, B, Zn, Mo, Fe.

I concimi vengono classificati in base a:

- lo stato fisico: si hanno concimi polverulenti, granulari e liquidi;
- il titolo: indica la percentuale in peso di sostanza attiva rispetto al prodotto commerciale;
- la reazione chimica e fisiologica: ci sono concimi acidi (es. perfosfato), alcalini (es. calciocianammide, scorie Thomas), o neutri che possono comportarsi come fisiologicamente acidi (es. solfato ammonico, cloruro di potassio) o fisiologicamente alcalini (es. nitrato di calcio o di sodio);
- il numero degli elementi apportati: quelli "semplici" portano al terreno un solo elemento (azotati, fosfatici e potassici); quelli "complessi" due o tre elementi (binari o ternari) in forma di granuli;
- la rapidità di azione: possono essere differenziati in concimi a pronto effetto (es. nitrati) e a lento effetto (es. perfosfato, scorie Thomas). Ultimamente sono andati diffondendosi i concimi "azotati a lenta cessione" o "ritardati".

Questi concimi fissano l'azoto in modo graduale grazie a particolari accorgimenti presi in fase produttiva quali:

- impiego di sostanze a bassa solubilità;
- rivestimento dei granuli con materiali poco permeabili;
- incorporamento di paraffine, gelatine, argille, ecc.;
- aggiunta di inibitori della microflora (es. ureasi).

I concimi da usare dovranno essere di marca nota sul mercato nazionale, avere titolo dichiarato e in caso di concimi complessi avere un rapporto, azoto - fosforo - potassio, precisato. Dovranno inoltre essere consegnati negli involucri originali di fabbrica.

I fertilizzanti organici (letame, residui organici vari, ecc.) dovranno essere forniti o raccolti solo presso fornitori o luoghi approvati dalla Direzione Lavori che si riserva comunque la facoltà di richiedere le opportune analisi, prima e durante la posa in opera.

Anche nel caso di fornitura di concimi organici industriali, questi dovranno essere consegnati negli involucri originali di fabbrica. La scelta e le condizioni di impiego dei prodotti deve comunque essere approvata dalla Direzione Lavori.

23.2.3 PRODOTTI FITOSANITARI

La scelta e le condizioni di impiego dei prodotti fitosanitari sono subordinate alle disposizioni legislative vigenti in materia e alla approvazione della Direzione Lavori. Tutti i prodotti dovranno comunque essere consegnati negli involucri originali di fabbrica.

Nel comparto della lotta antiparassitaria, a fronte dei problemi ambientali connessi ad un largo uso, o abuso, di prodotti antiparassitari, sono da preferirsi quei metodi di intervento che sono denominati "lotta guidata" o "vigilata".

23.2.4 MATERIALE VIVAISTICO

Con il termine materiale vivaistico si individua tutto il complesso delle piante (alberi, arbusti, tappezzanti, ecc.) e delle sementi occorrenti per impieghi paesaggistici, inclusa la siepe centrale spartitraffico, per interventi biotecnici anti-inquinamento acustico.

Il materiale da fornire dovrà rispondere per genere, specie, compresa l'eventuale entità sottospecifica (varietà e/o culti-var) e dimensioni a quanto indicato nel progetto.

Il materiale dovrà provenire da strutture vivaistiche dislocate in zone limitrofe o comunque assimilabili, da un punto di vista fitoclimatico, a quelle di impianto al fine di garantire la piena adattabilità del materiale alle caratteristiche pedo-climatiche del luogo di impiego. L'Impresa dovrà dichiararne la provenienza e la Direzione Lavori potrà accettare il materiale, previa visita ai vivai.

Dette strutture vivaistiche dovranno essere dotate di idonee organizzazioni di produzione nonché di collaudati centri di ricerca e sperimentazione nel settore forestale e nell'arboricoltura e di un ampio patrimonio di conoscenze ed esperienze tecnico-scientifiche. Ciò al fine di garantire:

- un'opportuna e mirata sperimentazione, per individuare, nell'ambito dei vari lavori, le caratteristiche genetiche (provenienza, varietà, cultivar, cloni brevettati, ecc.) ottimali, in funzione delle utilizzazioni specifiche;
- l'ottimizzazione delle tecniche di moltiplicazione e di allevamento, finalizzate sempre al soddisfacimento degli scopi prefissi.

Tutto il materiale vivaistico dovrà essere esente da attacchi parassitari (in corso o passati) di insetti, malattie crittomiche, virus, altri patogeni, deformazioni e/o alterazioni di qualsiasi natura che possano compromettere il regolare sviluppo vegetativo e il portamento tipico della specie, varietà e cultivar.

Il materiale vivaistico dovrà essere sempre fornito di dichiarazione, da effettuarsi su apposite Schede di Valutazione del Materiale Vivaistico, dalle quali risult:

- vivaio di provenienza;
- genere, specie, eventuali entità sottospecifiche;
- origine;
- identità clonale per il materiale da moltiplicazione vegetativa;
- regione di provenienza per il materiale di produzione sessuale;
- luogo ed altitudine di provenienza per il materiale non proveniente dal materiale di base ammesso dalla normativa vigente;
- applicazione, nella fase di coltivazione in vivaio, di particolari tecniche di allevamento che limitino e/o eliminino l'incidenza degli oneri manutentori.

L'apparato radicale di tutto il materiale vivaistico dovrà essere ricco di piccole ramificazioni e di radici capillari sane e, secondo quanto disposto nei documenti di appalto, dovrà essere:

- **a radice nuda;**
- **in zolla** rivestita (paglia, plant plast, juta, rete metallica, fitocella). L'apparato radicale dovrà comunque avere uno spiccato geotropismo positivo.

Le zolle dovranno essere imballate, per non pregiudicarne la consistenza, con appositi involucri: juta, teli di plastica, ecc.; tali involucri di protezione dovranno essere imprescindibilmente rinforzati, qualora le singole piante superino altezze di 3,50 m, con rete metallica, con pellicola di plastica porosa o altro materiale equivalente;

- racchiuso **in contenitore** (vaso, cassa, mastello in legno o in plastica, ecc.) con relativa terra di coltura.

Le piante fornite in contenitore dovranno avere l'apparato radicale completamente compenetrato in questo, tale cioè da non fuoriuscirne; l'apparato radicale dovrà comunque presentarsi, sia in piante allevate in contenitore sia in zolla, ben accestito, ricco di ramificazioni, con capillizi freschi e sani ed esente da infestazioni patologiche in corso o passate.

Le forniture in contenitore costituiranno comunque titolo preferenziale anche per quelle per le quali è espressamente richiesta una fornitura in zolla o a radice nuda.

Le dimensioni dei contenitori e/o delle zolle, nel caso in cui sia espressamente richiesta la fornitura in tale forma, dovranno essere proporzionate alle dimensioni delle singole piante.

23.2.4.1 Alberi

Dovranno avere la parte aerea a portamento e forma regolari, simile agli esemplari cresciuti spontaneamente, sviluppo robusto, non filato e che non dimostri una crescita troppo rapida o stentata per eccessiva densità di coltivazione in vivaio, per terreno troppo irrigato, per sovrabbondante concimazione ecc..

Dovranno rispondere alle specifiche indicate nei documenti di appalto per quanto riguarda le seguenti caratteristiche:

- circonferenza del tronco misurata ad un metro da terra;
- altezza totale;
- altezza di impalcatura misurata dal colletto al ramo più basso;
- diametro della chioma misurato in corrispondenza delle prime ramificazioni per le conifere, a due terzi dell'altezza per le latifoglie, in corrispondenza alla proiezione a terra della chioma per i cespugli.

Gli alberi dovranno essere trapiantati un numero di volte sufficiente secondo le buone regole vivaistiche, con l'ultima lavorazione delle radici risalente a non più di tre anni.

23.2.4.2 Piante esemplari

Con il termine "esemplari" si intende far riferimento ad alberi ed arbusti di grandi dimensioni che somigliano, per forma e portamento, agli individui delle stesse specie cresciuti liberamente e quindi con particolare valore ornamentale.

Queste piante devono essere state opportunamente preparate per la messa a dimora; devono cioè essere state zollate secondo le necessità e l'ultimo trapianto o zollatura deve essere avvenuto da non più di due anni.

La zolla deve essere stata imballata a perfetta regola d'arte (juta, rete metallica, doghe, casse, plant plast, ecc.) al fine di garantire un corretto e armonico sviluppo della pianta; tali involucri di protezione

dovranno essere imprescindibilmente rinforzati, qualora le singole piante superino altezze di 3,50 m, con rete metallica, con pellicola di plastica porosa o altro materiale equivalente.

Le piante esemplari vengono evidenziate a parte nei documenti contrattuali.

23.2.4.3 Arbusti, tappezzanti, rampicanti

Devono avere una massa fogliare ben formata e regolare a densità costante a decorrere dalla base; devono possedere un minimo di tre fusti a partire dal colletto e rispondere alle specifiche indicate nei documenti di appalto per quanto riguarda altezza e/o diametro della chioma.

23.2.4.4 Sementi

L'Impresa dovrà fornire sementi di ottima qualità e rispondenti esattamente a genere e specie indicate nei documenti di appalto, 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.

La mescolanza delle sementi di specie diverse da quelle indicate nei documenti di appalto, qualora non disponibili in commercio, dovrà essere effettuata alla presenza della Direzione Lavori.

Per il prelievo dei campioni di controllo, valgono le prescrizioni riportate nelle presenti norme all'art. 1.

23.2.4.5 Pacciamatura

È la tecnica agronomica che consiste nel ricoprire la superficie del suolo con materiali di varia natura, in modo da impedire o limitare lo sviluppo della vegetazione infestante e ottenere altri vantaggi.

I materiali utilizzabili per mettere in atto questa tecnica possono essere:

- incoerenti degradabili: corteccia di piante arboree resinose uniformemente sfibrata e sminuzzata in spezzoni di dimensioni comprese fra 30x10 mm e 70x30 mm, con un tasso di umidità inferiore al 20%, libera da insetti e preventivamente trattata con prodotti antimicotici;
- incoerenti non degradabili: materiale lapideo tipo argilla espansa con granuli di dimensioni da 4 mm a 10 mm, inerte sia chimicamente che fisicamente, in grado di creare un campo isolante che mantenga stabile la temperatura e il tenore di umidità del terreno.

La Direzione Lavori, su richiesta dell'Impresa, potrà autorizzare l'impiego di pacciame approvvigionato sfuso su autocarri a condizione che i campioni prelevati e sottoposti ad analisi di laboratorio risultino idonei all'impiego specifico.

23.2.4.6 Torba

Questo materiale, sia di provenienza estera che nazionale, dovrà avere reazione acida con pH non inferiore a 3,5.

Deve inoltre presentarsi non eccessivamente umidificata, libera da erbe infestanti, formata in prevalenza da Sphagnum e Eriophorum ed essere confezionata in balle compresse e sigillate.

23.2.4.7 Acqua

L'acqua per l'irrigazione di impianto e per tutti gli altri usi manutentori deve essere assolutamente esente da fattori inquinanti che possono derivare da attività industriali e/o da scarichi urbani o essere costituiti da acque salmastre che per la presenza di sali in concentrazione eccessiva (salinità), o per loro natura (alcalinità), possono provocare danni alla vegetazione.

L'Impresa provvederà a far valutare le caratteristiche chimiche dell'acqua e a fornire i risultati alla Direzione Lavori.

23.2.4.8 Pali tutori e legature

Per fissare al suolo le piante arboree con altezza superiore o uguale ad 1 m l'Impresa dovrà fornire pali di sostegno (tutori) adeguati per numero, diametro ed altezza alle dimensioni delle piante.

I pali tutori devono essere di legno, diritti, scortecciati, appuntiti dalla parte della estremità di maggior diametro.

La parte appuntita dovrà essere resa imputrescibile per un'altezza di 100 cm circa. In alternativa, su autorizzazione della Direzione Lavori, si potrà fare uso di pali di legno industrialmente preimpregnati di sostanze imputrescibili.

Analoghe caratteristiche di imputrescibilità dovranno avere anche i picchetti di legno per l'eventuale bloccaggio a terra dei tutori.

Le legature in filo di ferro nudo non possono venire utilizzate; dovranno invece essere impiegati speciali collari in adatto materiale elastico (cinture di gomma, nastri di plastica, ecc.), oppure corda di canapa.

23.3 ESECUZIONE DEI LAVORI

23.3.1 PRESCRIZIONI GENERALI

Tutti i lavori dovranno essere eseguiti a perfetta regola d'arte secondo il miglior magistero.

Tutte le opere non eseguite a perfetta regola d'arte secondo le prescrizioni impartite, dovranno essere demolite e ricostruite a cura e spese dell'Impresa.

Di qualsiasi operazione si tratti, ogni residuo prodotto deve essere debitamente smaltito all'esterno delle pertinenze autostradali in aree autorizzate, fatte salve le vigenti Norme di Legge, a meno di diverse disposizioni contrattuali o di un diverso impiego in loco dei soli residui vegetali (interramento, pacciamatura), privo di controindicazioni e comunque autorizzato dalla Direzione Lavori.

È fatto assoluto divieto di bruciare i residui delle lavorazioni in conformità alle Leggi e ai Regolamenti vigenti in materia.

In ogni caso al termine di qualsiasi operazione il piano viabile e la segnaletica orizzontale devono risultare ripuliti da ogni residuo vegetale o di terra.

Nell'esecuzione dei lavori l'Impresa dovrà:

- rispettare tutti i picchetti posti in opera, compresi quelli che sono serviti da capisaldi nella costruzione del corpo autostradale; curarne la conservazione ricollocando quelli che eventualmente possano venire manomessi durante il corso dei lavori previsti;
- provvedere ad eseguire tutti gli interventi necessari per il regolare smaltimento delle acque di pioggia e/o di irrigazione onde evitare erosioni superficiali e/o ristagni che possano danneggiare gli impianti.

All'atto della consegna dei lavori ed in conformità a quanto previsto dai documenti di appalto sarà effettuata la delimitazione delle aree da sistemare a verde e dell'aiuola centrale spartitraffico da impiantare, prendendo come riferimento le progressive chilometriche dell'autostrada.

23.3.2 PREPARAZIONE DELLE ZONE DI IMPIANTO

Prima di effettuare gli impianti l'Impresa è tenuta ad eseguire le operazioni preliminari di seguito specificate.

23.3.2.1 Pulizia generale del terreno

Qualora nell'area oggetto dell'intervento sia presente della vegetazione indesiderata e/o materiali di risulta (laterizi, pietre, calcinacci, materiali estranei, ecc.) l'Impresa provvederà ad eliminare completamente tali elementi di disturbo alle operazioni di impianto.

In particolare gli interventi sulla vegetazione indesiderata, sia essa arborea od arbustiva, saranno eseguiti nel rispetto delle "prescrizioni di massima e di Polizia Forestale territorialmente competente".

Per il taglio delle sole piante arboree latifoglie, è richiesto anche la rimozione della ceppaia.

Questa avverrà con impiego di trivella trituratrice avente diametro minimo di 0,50 m, per una profondità di 0,70 m, allo scopo di evitare l'assoluto ricaccio di polloni; l'Impresa dovrà provvedere, successivamente, al ripristino del profilo naturale del terreno.

Nel corso della pulizia generale del sito d'impianto, ove i documenti contrattuali lo prevedano, l'Impresa dovrà provvedere a recuperare e/o conservare, anche con interventi di dendrochirurgia, eventuali piante di particolare valore estetico esistenti nell'area da sistemare.

Contemporaneamente allo sgombero del materiale legnoso di risulta, si dovrà effettuare anche lo sgombero delle ramaglie, delle frasche e del materiale estraneo presente.

L'Impresa, per il trasporto e il successivo conferimento a discarica dovrà attenersi a quanto disposto dalle norme vigenti in materia di Smaltimento dei Rifiuti.

23.3.2.2 Lavorazione del terreno

Qualora le condizioni dell'area e/o la valenza ed il tipo di impianto lo richiedano, il progetto prevederà interventi di preparazione agraria del terreno dove andrà eseguito l'impianto.

Si dovrà provvedere a lavorare il terreno fino ad una profondità massima di 30-40 cm.

La lavorazione dovrà di norma essere eseguita con mezzi meccanici e potrà essere una semplice fresatura o un intervento di areazione o decompattamento con "ripper".

Nel corso di questa operazione l'Impresa dovrà rimuovere gli eventuali ostacoli sotterranei (sassi, pietre, radici, ecc.) che potrebbero impedire la corretta esecuzione dei lavori, provvedendo anche ad accantonare e conservare, su ordine della Direzione Lavori, eventuali preesistenze naturali con particolare valore estetico (rocce, massi, ecc.) e tutti gli altri materiali che possano venire utilizzati nella sistemazione.

L'esecuzione delle lavorazioni avverrà in periodo di andamento climatico favorevole, in funzione anche della natura del terreno il quale si deve trovare in tempera (40-50% della capacità totale per l'acqua).

23.3.2.3 Correzione, ammendamento, concimazione di fondo e impiego di fitofarmaci

In occasione della lavorazione l'Impresa dovrà incorporare nel terreno, a mezzo di interventi leggeri (30-40 cm di profondità), le sostanze (correttivi, ammendanti, concimi per concimazioni di fondo, fitofarmaci) necessarie.

Le sostanze usate dovranno venire trasportate in cantiere nella confezione originale della fabbrica e risultare comunque a titolo o principio attivo ben definito e in caso di concimi complessi, avere il rapporto azoto-fosforo-potassio chiaramente indicato.

Prima dell'esecuzione degli interventi l'Impresa è tenuta a darne tempestivo avviso alla Direzione dei Lavori affinché questa possa disporre per eventuali controlli in merito ai prodotti e alle modalità di lavoro.

23.3.3 TRACCIAMENTI

Dopo aver eseguito le operazioni di preparazione e comunque prima della messa a dimora delle piante, l'Impresa sulla scorta dei disegni di progetto, predisporrà, a sua cura e spese, la picchettatura delle aree di impianto segnando con picchetti la posizione nella quale dovranno essere eseguite le piantagioni singole quali alberi, arbusti ed altre piante e tracciando sul terreno il perimetro delle piantagioni omogenee (tappezzanti, siepi, macchie di arbusti rimboschimenti, ecc.).

Prima di procedere alle operazioni di piantagione, dovrà comunque ottenere il benestare della Direzione dei Lavori.

23.3.4 ESECUZIONE DEGLI IMPIANTI

23.3.4.1 Trasporto del materiale vivaistico

Il trasporto del materiale vivaistico deve essere effettuato con tutte le precauzioni necessarie, affinché giunga sul luogo di impiego nelle migliori condizioni.

Il tempo intercorrente fra il prelievo in vivaio e la messa a dimora deve essere il più breve possibile e anche in questo caso devono comunque essere prese tutte le precauzioni necessarie per la conservazione delle piante e per evitare traumi o disseccamenti, nonché danni da gelo.

23.3.4.2 Preparazione del materiale vivaistico prima della messa a dimora

Prima della messa a dimora le eventuali piccole e limitate lesioni del tronco dovranno essere curate nei modi più opportuni.

Per il materiale da fornirsi a radice nuda occorre sottoporre le radici ad una moderata potatura, in modo tale da eliminare quelle lesionate, disseccate, morte o contorte, rinnovare e migliorare i tagli eseguiti in vivaio e asportare il fittone (se presente) eseguendo in tutti i casi tagli netti su tessuti sani. Nel caso che il materiale venga fornito in contenitori o in zolla, è necessario rimuovere i contenitori o gli eventuali involucri della zolla, eliminare le radici danneggiate o malformate e rimuovere parte del suolo periferico del pane di terra per consentire un miglior contatto fra lo stesso ed il terreno di riempimento della buca.

23.3.4.3 Messa a dimora del materiale vivaistico

Le buche per l'impianto del materiale vivaistico devono essere predisposte prima dell'arrivo del materiale stesso ed avere le dimensioni indicate nel progetto.

Nelle buche predisposte per la messa a dimora di piante arboree con altezza superiore o uguale a 1,00 m, e prima del loro posizionamento, andranno collocati i tutori. Il tutore deve affondare di almeno 0,30 m oltre il fondo della buca. In rapporto alla pianta il tutore deve essere posto in direzione opposta al vento dominante.

Per piante arboree con altezza superiore o uguale a 3,00 m, in funzione del volume della chioma, può rendersi necessaria una armatura formata da più paletti, opportunamente controventati alla base con ulteriori paletti infissi saldamente nel terreno e sporgenti circa 0,20 m dal livello del terreno.

Qualora si dovessero presentare problemi di natura particolare (mancanza di spazio, esigenze estetiche, ecc.) i pali di sostegno, su autorizzazione della Direzione Lavori, potranno essere sostituiti con ancoraggi in corda di acciaio muniti di tendifilo.

Sul fondo della buca aperta per la messa a dimora di ciascuna delle categorie di cui si compone il materiale vivaistico, dovrà quindi essere posto del terreno vegetale, con l'esclusione di ciottoli e/o di materiali comunque impropri per la vegetazione, sul quale verrà sistemato l'apparato vegetale.

Tutte le categorie di materiale vivaistico devono essere collocate nella buca in modo tale che il colletto si trovi a livello del fondo della conca di irrigazione.

Il terreno da utilizzare per il definitivo riempimento della buca, dovrà essere mescolato con un adeguato quantitativo di concimi minerali complessi, del tipo azotati a lenta cessione o ritardati e concime organico, o torba nei quantitativi necessari.

La compattazione del terreno di riempimento dovrà essere eseguita con cura e per strati successivi in modo da non danneggiare le radici, non squilibrare la pianta, che deve restare dritta e non creare sacche d'aria.

La terra al piede della pianta va inoltre sistemata in modo tale da formare intorno al colletto una piccola conca (formella) di irrigazione.

Per favorire il compattamento del terreno di riempimento ed il perfetto assestamento dello stesso attorno alle radici, si dovrà irrigare abbondantemente la pianta messa a dimora attraverso l'apposita conca.

Come indicazioni di massima, la quantità d'acqua necessaria alle diverse categorie di soggetti vegetali, per questo tipo di irrigazione, sono le seguenti:

| <i>Tipologia vegetale</i> | <i>altezza del materiale</i> | <i>volume di acqua / individuo</i> |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| alberi | oltre i 3,00 m | 35 - 50 l |
| alberi | fino a 3,00 m | 10 - 15 l |
| piantine forestali, arbusti | - | 5 - 8 l |

Le legature fra la pianta arborea e il tutore dovranno essere disposte in modo che attraverso la loro azione il tutore serva d'appoggio alle piante.

La legatura più alta va quindi disposta di norma a circa 0,20 m al di sotto delle prime ramificazioni, la più bassa ad un metro dal suolo.

Per evitare danni alla corteccia è indispensabile interporre, fra tutore e fusto, un idoneo cuscinetto antifrizione in materiale adatto.

A livello della chioma dovranno essere eliminati i rami danneggiati, troppo deboli, molto vicini, avendo cura di stabilire un equilibrio tra la porzione aerea e quella radicale ed eseguendo un taglio di formazione della chioma, in modo da conferire la forma desiderata rispettando l'*habitus* naturale della specie.

Dopo il trapianto la pianta deve risultare ben ferma così da poter radicare regolarmente senza il pericolo di rottura delle radici sottili di nuova formazione.

23.3.5 SEMINE DI PRATI

La realizzazione del manto erboso potrà essere eseguita con metodo secco (semina manuale o meccanica) o con metodo umido (idrosemmina con attrezzature a pressione).

b) **Metodo umido o idrosemmina:** in tutte le situazioni che per giacitura, per le insufficienti caratteristiche fisico-chimiche dei terreni e per la scarsa accessibilità, nelle quali è difficoltoso o sconsigliabile l'impiego del metodo secco, i documenti contrattuali prescriveranno l'idrosemmina.

L'Impresa procederà al rivestimento di tali superfici mediante lo spargimento meccanico a mezzo di idroseminatrice a pressione, in grado di effettuare l'irrorazione a distanza, con diametro degli ugelli tale da non lesionare i semi e consentire lo spargimento omogeneo dei materiali.

Con l'idrosemmina si irorra una miscela in soluzione acquosa costituita da:

- acqua in quantità idonea alle diluizioni richieste;
- miscela di sementi nel quantitativo e specie previsti nel progetto;
- collante in quantità idonea al fissaggio dei semi e alla creazione di una pellicola antierosiva sulla superficie del terreno, senza inibire la crescita e favorendo il trattenimento dell'acqua nel terreno nelle fasi iniziali di sviluppo;
- concime organico e/o inorganico nella quantità e qualità prevista nei documenti contrattuali;
- altri ammendanti e inoculi nella quantità e qualità prevista nei documenti contrattuali.

La miscelazione dei componenti dovrà avvenire in loco, onde evitare fenomeni di stratificazione gravitativa dei semi all'interno della cisterna, alla presenza della Direzione Lavori.

Anche per questo metodo, l'Impresa è tenuta a dare tempestivo avviso alla Direzione dei Lavori, affinché questa possa effettuare il prelevamento di campioni e possa verificarne la qualità e la quantità prescritta, restando in ogni modo a suo carico le eventuali operazioni di risemina, nel caso che la germinazione non avvenisse in modo regolare ed uniforme.

23.4 MANUTENZIONE DEGLI IMPIANTI E CURE CULTURALI

Dopo aver eseguito i lavori previsti nei documenti di appalto, l'Impresa dovrà eseguire a sua cura e spese, tutta una serie di lavori di manutenzione e di pratiche culturali, atte a garantire la piena efficienza degli impianti per il periodo dalla messa a dimora fino al collaudo dei lavori in appalto, compresivi anche degli oneri per la sostituzione delle eventuali fallanze.

In particolare si precisa che le specie prescelte per la sistemazione in argomento sono adatte alla specifica zona fito-climatica attraversata dal tronco autostradale e pertanto dovranno essere allevate e governate rispettando la forma naturale delle specie stesse, senza ricorrere a particolari forme di potatura ed allevamento a meno che non sia stato espressamente richiesto dai documenti di appalto.

Durante il periodo di manutenzione l'Impresa dovrà offrire tutta la propria esperienza professionale, al fine di ottenere un impianto per quanto possibile perfetto, effettuando tutte le cure colturali e di manutenzione, senza che la Direzione dei Lavori debba sollecitare di volta in volta i diversi interventi che si rendessero necessari.

Per questo motivo l'Impresa dovrà attenersi, nel modo più scrupoloso, alla migliore tecnica che consenta di garantire appieno, l'attecchimento ed il rapido sviluppo delle piante collocate a dimora e la buona riuscita di tutti i lavori eseguiti.

Le pratiche colturali che dovranno venire eseguite dall'Impresa, con la tecnica più razionale e con la più sollecita tempestività, sono le seguenti:

- A - per la manutenzione di piante arboree, arbustive, rampicanti, tappezzanti e degli "esemplari"
 - 1 Sostituzione fallanze;
 - 2 Ripristino conche di irrigazione, rincalzi delle piante e ripristino tutorazioni e ancoraggi;
 - 3 Potature e spollonature;
 - 4 Scerbature e sarchiature.
- B - per la manutenzione dei prati seminati
 - 5 Taglio delle erbe nelle zone seminate;
 - 6 Rinnovo parti difettose nelle zone seminate.
- C - per la manutenzione sia delle piante arboree, arbustive, rampicanti, tappezzanti e degli "esemplari" sia dei prati seminati e delle relative zone di impianto
 - 7 Concimazioni chimiche;
 - 8 Trattamenti anticrittogamici e insetticidi;
 - 9 Adacquamenti;
 - 10 Assolcature e ripristino danni causati da erosione.

23.4.1 SOSTITUZIONE DELLE FALLANZE

Le piante che per qualsiasi ragione non avessero attecchito dovranno venire sostituite, a cura e spese dell'Impresa, con soggetti della stessa specie e/o entità sottospecifica.

Le dimensioni delle piante impiegate per le sostituzioni delle fallanze dovranno essere superiori a quelle previste in progetto e poste in opera al momento dell'impianto e comunque tali da ottenere, con le piante non fallite e aventi un diverso sviluppo di quello che avevano inizialmente, un insieme omogeneo, identico come struttura, a quello previsto in progetto.

La sostituzione delle fallanze dovrà avvenire alla prima stagione favorevole all'impianto, dopo che si saranno verificate le fallanze stesse.

A tale fine la Direzione dei Lavori, prima del riposo invernale, provvederà in contraddittorio con l'Impresa all'accertamento delle piante morte e alla definizione delle altezze di impiego.

L'Impresa stessa avrà cura di effettuare immediatamente lo sgombro delle piante fallite per evitare dubbi sulle sostituzioni da eseguire.

23.4.2 RIPRISTINO CONCHE DI IRRIGAZIONE, RINCALZI DELLE PIANTE E RIPRISTINO TUTORAZIONI E ANCORAGGI

Le conche di irrigazione, realizzate al piede delle piante all'atto della messa a dimora, devono essere tenute costantemente efficienti e pulite e se necessario ripristinate.

Anche i tutori, che per qualsiasi ragione venissero ad essere manomessi o resi inservibili, dovranno essere sostituiti.

Parimenti dovranno venire controllati i sistemi di legatura agli ancoraggi, garantendo la costante efficienza dei pali tutori e l'incolumità delle piante dal rischio di ferite e sgraffature.

L'Impresa deve inoltre provvedere al rincalzo delle piante e al ripristino della loro verticalità.

23.4.3 POTATURE E SPOLLONATURE

Oltre alle normali potature da effettuarsi al momento dell'impianto per equilibrare la parte aerea con quella radicale, l'Impresa avrà cura di effettuare nei momenti opportuni gli interventi di potatura di formazione, di taglio di rami secchi e rimonda di parti ammalate e di spollonatura dei succhioni, il tutto al fine di equilibrare lo sviluppo delle piante.

23.4.4 SARCHIATURE

Il terreno attorno alle piante poste a dimora dovrà risultare costantemente libero da erbe infestanti per una superficie media di 1 m² per ogni pianta arbustiva, tappezzante e rampicante e di 2 m² per ognuna di quelle a portamento arboreo.

Le operazioni di sarchiatura dovranno essere eseguite ogni qualvolta il terreno di coltura si presenta costipato, riarso, poco aerato e/o coperto di vegetazione infestante.

23.4.5 TAGLIO DELLE ERBE NELLE ZONE SEMINATE

L'Impresa è obbligata ad effettuare lo sfalcio nelle zone in cui è stata eseguita la semina dei prati.

Le operazioni di sfalcio dovranno essere eseguite per mantenere l'erba ad una altezza media non superiore a 25 cm.

Il taglio deve essere eseguito a raso del terreno, ossia a pochi centimetri sopra il colletto delle piante.

Per l'esecuzione degli sfalci l'Impresa dovrà impiegare attrezzi con testate a martelletti che triturino l'erba in spezzoni della lunghezza massima di 50 mm e la distribuiscano uniformemente sulla superficie di intervento.

La Direzione dei Lavori potrà prescrivere all'Impresa di effettuare gli interventi, atti a mantenere gli standard fissati, anche a tratti discontinui senza che questo possa costituire motivo di richiesta di indennizzi particolari da parte dell'Impresa stessa.

23.4.6 RINNOVO PARTI DIFETTOSE PRATI SEMINATI

Le superfici seminate che per qualsiasi ragione presentino delle fallanze, una crescita irregolare, difettosa o comunque insufficiente, dovranno essere riseminate di nuovo dall'Impresa, nel periodo e nelle condizioni climatiche più opportune.

23.4.7 CONCIMAZIONI CHIMICHE

Oltre alle concimazioni minerali ed organiche previste negli articoli inerenti la concimazione di fondo e messa a dimora del materiale vivaistico, l'Impresa avrà cura di somministrare concimi a pronto effetto, preferibilmente ad assorbimento fogliare, qualora lo stato vegetativo delle piante messe a dimora possa pregiudicare l'atteggiamento delle singole piante e comunque la riuscita dell'impianto.

23.4.8 TRATTAMENTI ANTICRITTOGAMICI ED INSETTICIDI

L'Impresa è tenuta ad eseguire con tempestività i trattamenti anticrittogramici ed insetticidi, sia profilattici che terapeutici, non appena ci siano i sintomi di una qualsiasi patologia e/o di danni dovuti ad insetti.

Qualora se ne presenti la necessità l'Impresa dovrà inoltre provvedere alla disinfezione ed all'allontanamento di insetti ed animali anche rifugiati nel terreno.

Le attrezzi impiegate per queste operazioni dovranno essere del tutto compatibili con la sicurezza della viabilità autostradale e conformi alle Leggi vigenti in materia.

L'Impresa assume ogni responsabilità per il mancato intervento, per l'adozione di fitofarmaci non adatti, per il cattivo uso dei prodotti dovuto alla negligenza degli operatori o comunque per l'impiego di fitofarmaci senza una giustificazione tecnica profilattica.

23.4.9 ADACQUAMENTI

Anche se le piante previste sono state scelte per la particolare zona fitoclimatica attraversata dall'autostrada, quindi adatte all'ambiente e da allevare senza particolari artifici, non è escluso che, specialmente nelle prime fasi di impianto, sia necessario ricorrere ad adacquamenti di soccorso.

Questi saranno fatti nel modo più tempestivo, in abbondanza e senza che la Direzione dei Lavori sia costretta ad emanare particolari disposizioni al riguardo.

Sarà a carico dell'Impresa il reperimento, il trasporto dell'acqua di irrigazione e tutto quanto occorre per la somministrazione e distribuzione.

23.4.10 ASSOLCATURE E RIPRISTINO DANNI CAUSATI DA EROSIONE

Affinché le acque piovane o di irrigazione possano agevolmente defluire o penetrare nel terreno uniformemente senza provocare danni per erosioni, ruscellamenti, smottamenti ecc., l'Impresa è tenuta ad eseguire delle opportune assolcature.

L'Impresa è comunque tenuta a ripristinare e conguagliare le aree oggetto di sistemazione a verde nel caso in cui si verifichino danni per erosioni, ruscellamenti, smottamenti ecc..

24 POSA DI CAVI

24.1 CAVI IN FIBRA OTTICA

Lo spostamento dei cavi in fibra ottica è una lavorazione che gestisce Telecom Italia in regime di convenzione con Autostrade per l'Italia.

24.2 CAVI IN RAME

Viene riportato in allegato il capitolato specifico per lo spostamento dei cavi in rame: Capitolato per spostamenti del cavo in rame a seguito di opere civili di ampliamento e di modifica della sede autostradale.

L'Appaltatore dovrà comunque effettuare la "Verifica della continuità da casello a casello" dei tratti autostradali oggetto delle lavorazioni.

24.3 CAVI ELETTRICI ILLUMINAZIONE ESTERNA

Con "impianti di illuminazione esterna" si intende il complesso formato dalle condutture, dai materiali e dalle apparecchiature necessarie per illuminare sedi autostradali e loro pertinenze (barriere, piazzali, svincoli, raccordi, piste di accelerazione e di decelerazione, ecc.) e destinati a fornire indicazioni luminose.

Le presenti Prescrizioni si intendono integrative degli elaborati che compongono il progetto esecutivo, che risultano comunque, in caso di difformità nei contenuti, quelli che l'Appaltatore deve seguire per la realizzazione degli impianti. La conformazione dell'area autostradale interessata dagli impianti di cui trattasi e tutte le eventuali strutture presenti quali ponti, viadotti, rilevati, scarpate, manufatti, ecc. è rappresentata negli elaborati di progetto, dai quali sono peraltro desumibili le dimensioni e la consistenza degli impianti medesimi.

A grandi linee un impianto di illuminazione esterna può ritenersi così costituito:

1. Un quadro elettrico generale "luce esterna" ubicato nell'apposito locale del fabbricato di stazione o in apposito contenitore, opportunamente alimentato in maniera interdipendente da fonti primarie di energia elettrica (quali: rete di distribuzione ENEL, gruppo elettrogeno, gruppi di alimentazione di continuità), dal quale vengono alimentati gli impianti di illuminazione esterna.
2. Per la distribuzione degli impianti di illuminazione della corsie, dei piazzali, verranno posizionati degli armadi stradali tipo SMC in vetroresina, contenenti un quadro elettrico per la distribuzione agli apparecchi di illuminazione (interruttori di protezione linee), il tutto come da schemi di progetto
3. Sistemi illuminanti propriamente detti, opportunamente ubicati nell'area interessata dagli impianti e costituiti, essenzialmente, da torri-faro, candelabri, corpi illuminanti, ecc. A titolo puramente esemplificativo, l'ubicazione e la natura di tali sistemi è di massima la seguente:
 - Illuminazione del corpo autostradale e delle rampe di svincolo: mediante lampade a LED di potenza assorbita come da progetto illuminotecnico. I pali di illuminazione sono previsti ai lati della sede stradale protetti con zincatura a caldo, ed hanno un'altezza fuori terra di 10,00 metri ed interdistanza di circa 36 - 37 metri; saranno muniti di sbraccio speciale cilindrico diametro 60 mm

calandrato, sporgenza 2,10m incl.5°, bicchiere per cima palo 48 con grani di bloccaggio, spina anti rotazione, zincato, munita di tappo in cima.

- Illuminazione dei piazzali e delle barriere: mediante proiettori con lampade tubolari a vapori di sodio ad alta pressione da 400W ubicati ai lati della carreggiata su pali con altezza fuori terra di circa 11,5 metri, oppure mediante torri-faro di altezza fuori terra fino a 35 metri
 - Indicatori luminosi di avviso o segnalazione, opportunamente distribuiti nell'ambito del sito oggetto della progettazione e costituiti essenzialmente da cartelli, semafori, sistemi antinebbia (marker), ecc.
4. Linee di alimentazione delle apparecchiature di cui sopra, con relativi accessori per protezione, smistamento, derivazione, connessione, ecc. quali cavidotti, funi portanti, cunicoli, quadri secondari, cassette, scatole, ecc. aventi origine dall'apposita morsettiera del quadro generale con relativi organi di interruzione, sezionamento, manovra, controllo, protezione, ecc. Le principali caratteristiche elettriche degli impianti di illuminazione esterna sono:
- Tensioni nominali di alimentazione: 380V concatenate e 220V stellate;
 - Frequenza nominale di tali tensioni: 50Hz;
 - Distribuzione delle alimentazioni: trifase con neutro e monofase;
 - Tipo di impianti: in derivazione;
 - Caduta di tensione a regime: $\leq 4\%$;
 - Fattore di potenza a regime: $\geq 0,9$;
 - Protezione contro i contatti indiretti: mediante collegamento ad impianto di terra e coordinamento con dispositivo atto ad interrompere l'alimentazione in caso di guasto pericoloso.

Le lavorazioni a carico dell'Appaltatore, da eseguire a perfetta regola d'arte, sono specificate e descritte negli elaborati di progetto. Tutti gli impianti devono essere resi interamente finiti, completi e perfettamente funzionanti nell'insieme ed in ogni loro parte, anche accessoria.

24.3.1 CAVI E CONDUTTORI

Generalità

I cavi elettrici devono rispondere alle relative norme CEI e tabelle UNEL in vigore; per tutta la loro estensione devono riportare il marchio IMQ. Devono inoltre essere idonei alla modalità di posa prevista.

Cavi di alimentazione

I cavi di alimentazione devono essere del tipo FG7R o FG7OR, conformi alle tabelle CEI-UNEL in vigore.

Cavi telecomandi

I cavi per i circuiti di telecomando e di controllo devono essere del tipo telefonico schermato TE-QHR Ø 9/10.

Cavi telefonici

I cavi per allacciamenti telefonici devono essere isolati in polietilene, schermati e con guaina protettrice, idonei alla modalità di posa prevista.

Conduttori di protezione di terra

Devono essere di rame, tipo NO7V-K, di colore giallo/verde. Qualora venga utilizzato un conduttore di cavo multipolare di colore diverso dal giallo/verde, entrambe le sue estremità devono essere

appositamente contrassegnate o con nastratura o, preferibilmente, con spezzone di guaina giallo/verde.

24.3.2 POSA E COLLEGAMENTI ELETTRICI DI CAVI E CONDUTTORI

Generalità

Idonei sistemi di sostegno e di contenimento devono essere previsti e realizzati tutte le volte che sia necessario proteggere e vincolare meccanicamente cavi e conduttori, conformemente a quanto appresso specificato ed a quanto indicato negli elaborati di progetto. Successivamente alla realizzazione e posa di tali sistemi, occorre provvedere al ripristino di qualunque manufatto che risulti danneggiato o comunque deteriorato, anche per necessità, da tale operazione. La distribuzione dei cavi e conduttori nei cavidotti (quali tubazioni, cunicoli, canalette, ecc.) risulta da quanto appresso indicato e da quanto specificato negli elaborati di progetto. Particolare cura deve essere posta nell'operazione di posa al fine di evitare qualunque tipo di abrasione alle guaine ed ai rivestimenti in genere ed il verificarsi di curvature di raggio troppo piccolo rispetto al diametro dei cavi. In particolare, il raggio di curvatura non deve mai essere inferiore a 10 volte il diametro esterno del cavo. Tutti i cavi e conduttori devono essere idoneamente fissati alle apparecchiature ed alle strutture, onde evitare qualsiasi sollecitazione meccanica degli stessi. In corrispondenza di derivazioni, quadri, cassette, ecc. devono essere previste scorte nei cavi e conduttori adeguate per sopperire a qualsiasi prevedibile futuro bisogno. Deve essere opportunamente realizzata la testa a tutte le terminazioni dei cavi e conduttori mediante nastratura, guaine termorestringenti o mezzi similari. Tutti gli accessori per collegamenti elettrici quali capicorda, bulloni, dadi, rondelle, giunti, ecc. devono essere di materiali fra loro compatibili e resistenti alle ossidazioni ed alle corrosioni.

L'Appaltatore deve provvedere a tutti i collegamenti elettrici previsti e necessari per il perfetto funzionamento degli impianti, con fornitura degli eventuali accessori e minuterie per il fissaggio ed il completamento a regola d'arte del lavoro. I conduttori di protezione (PE) devono essere contenuti nelle stesse tubazioni contenenti i conduttori attivi o comunque seguire lo stesso identico percorso. Tutti i cavi e conduttori devono essere opportunamente contrassegnati a tutte le estremità, al fine di distinguere univocamente fasi e circuiti. Per la definizione della fase dalla quale derivare gli utilizzatori occorre attenersi a quanto indicato negli elaborati di progetto. In ogni caso deve essere garantito il perfetto equilibrio fra le fasi di ogni circuito.

Interramento in banchina o in terreni in genere

Negli impianti di illuminazione esterna il tipo di posa preferenziale per cavi e conduttori è mediante tubazioni di contenimento in polietilene corrugato da intizzare in banchina od in terreni, in genere a profondità non inferiore a cm 50 dal piano banchina o dal piano compagna, misurata a partire della generatrice superiore del tubo protettivo. Qualora la profondità di posa risultasse inferiore a 50 cm, occorre proteggere le tubazioni con una soletta di 10 cm di calcestruzzo magro. Il percorso dei cavi e conduttori deve essere conforme a quanto indicato negli elaborati di progetto.

Interramento in conglomerato cementizio o bituminoso

Di norma tutti i cavidotti di attraversamenti stradali sono già esistenti. Qualora, però, l'Appaltatore, debba realizzare cavidotti interrati che interessino zone di transito di veicoli, come ad esempio attraversamenti stradali, o comunque debba effettuare interramenti in conglomerati cementizi o bituminosi, deve in generale attenersi alle seguenti disposizioni: -quando lo scavo può essere portato ad una quota sufficiente a garantire una profondità di posa del cavidotto non inferiore a cm. 60 misurati dalla sua generatrice superiore, i tubi di contenimento cavi, in PVC serie pesante, devono essere protetti con una soletta di 10 cm di calcestruzzo magro; quando la quota dello scavo risulti necessariamente insufficiente, ma comunque sempre tale da consentire una profondità di posa del cavidotto mai inferiore a cm. 20 misurati dalla sua generatrice superiore, il tubo di contenimento cavi deve essere in acciaio zincato.

Infilaggio entro tubazioni

La distribuzione dei cavi nei cavidotti è riportata nei disegni di progetto. Il tiro dei cavi nell'infilaggio entro i tubi deve essere, di norma, eseguito a mano e per brevi tratti alla volta, utilizzando allo scopo i previsti pozzetti rompitratte al fine di non causare stiramenti nei conduttori. Pozzetti rompitratte devono essere previsti in tutti i casi di cambiamento di direzione della dorsale e comunque ogni qualvolta sia necessario ridurre l'intervallo di "tirata" a non più di 50 metri.

Tubazioni in corrugato

Le tubazioni devono essere a doppio strato in polietilene strutturato ad alta densità, corrugate esternamente e con parete liscia interna, resistenza allo schiacciamento di 450N, complete di giunto a manicotto conforme alle norme CEI EN 50086-1-2-4. Il diametro nominale dei tubi, la quantità e la sistemazione dei conduttori (all'interno dei medesimi tubi) per ogni tratta dell'impianto, risultano negli elaborati di progetto.

Tubazioni in acciaio

Le tubazioni devono essere in acciaio zincato tipo mannesmann senza saldatura filettate con manicotti e curve conformi alle tabelle UNI-3824, con diametro fino a mm 60.

Posa in opera tubazioni corrugate

Il fondo dello scavo deve essere regolarizzato onde eliminare qualsiasi asperità che possa danneggiare i tubi stessi. Le tubazioni devono essere attestate ai pozzetti di derivazione, smistamento, rompitratte, ecc. I pozzetti rompitratte devono essere posti ad interdistanze variabili in dipendenza della conformazione del terreno e dell'andamento geometrico del percorso cavi (ad esempio presenza di curve) ma comunque mai superiori a m. 50. L'esecuzione del lavoro comprende lo scavo, la regolarizzazione del fondo, la sistemazione dei tubi comprese le eventuali piegature, sagomature e tagli, il reinterro, il trasporto a rifiuto del materiale di risulta, nonché eventuali armature delle pareti di scavo.

Posa in opera tubazioni in acciaio

Le tubazioni in acciaio devono di norma essere interrate ad una profondità non inferiore a cm 20, misurati dalla generatrice superiore del tubo rispetto al livello stradale. L'esecuzione del lavoro comprende il disfacimento del manto stradale, lo scavo (eventualmente in conglomerato cementizio o bituminoso), la sistemazione dei tubi nello scavo comprese le eventuali piegature, sagomature e tagli, il riempimento con calcestruzzo magro fino a lasciare libero lo spessore richiesto dall'eventuale manto stradale, il trasporto a rifiuto del materiale di risulta, il ripristino del manto stradale.

Cavi su funi portanti

Questa è la sistemazione che deve essere adottata lungo ponti, viadotti, cavalcavia, sottovia e lungo manufatti in genere, se specificata nel progetto. Per le lunghezze di tesatura, cioè per le interdistanze di ormeggio delle funi (con interposto su un ormeggio il necessario organo di tesatura o tirante) si deve aver cura di mantenere le funi il più possibile aderenti all'opera interessata (a parte le lunghezze o le sporgenze da superare sull'opera stessa). Pertanto lungo un ponte o viadotto in curva, ad esempio, si possono rendere necessarie più tratte di tesatura anche se il ponte o viadotto è di modesta lunghezza. Per conseguire l'aderenza delle funi all'opera interessata possono essere utilizzate anche mensole di sostegno intermedie alle quali, di massima, deve essere data un'interdistanza reciproca non superiore a m. 3. L'esecuzione del lavoro comprende la fornitura e posa in opera mediante tesatura di fune metallica costituita da 19 fili di acciaio zincato da 325 g/m avente carico di rottura di 4500 Kg circa, nonché mensole, staffe, anelli di estremità, ganci di sospensione, tasselli ad espansione, tiranti, lavori di muratura e tutti gli accessori e minuterie occorrenti. I cavi devono essere legati alle funi a mezzo di fascette flessibili in alluminio, poste a distanza reciproca non superiore a cm. 25, dotate di asole e linguette per l'intreccio di chiusura.

Posa di cavo graffettato su opere in muratura o metalliche

Tale tipo di posa deve essere adottato solo per cavi singoli in quanto, nel caso di più cavi, è da preferirsi il sistema con fune portante in acciaio. Le graffette, stampate in lamiera di acciaio, nervate e zincate non devono distare una dall'altra più di cm. 30 e devono essere fissate con tasselli ad espansione in acciaio. Nel caso di strutture metalliche il fissaggio delle graffette deve essere effettuato con bulloncini passanti o con viti in fori filettati; in ogni caso deve essere escluso l'uso di viti autofilettanti. I percorsi devono essere sempre orizzontali o verticali; non sono ammessi in nessun caso tratti obliqui.

Canalette

Devono essere in lamiera di acciaio zincato a caldo o in vetroresina.

Posa in opera canalette

Le canalette devono essere usate, di norma, per la protezione di cavi da posarsi in vista su appoggio continuo; ad esempio per passaggi su fossi, scoli di acqua e simili e manufatti in genere. Devono essere posate a "U" rovescio o ad "U" diritto con coperchio. Il fissaggio al manufatto deve essere di norma realizzato mediante zanche o staffe in acciaio fissate con murature o tasselli ad espansione. Le giunzioni degli elementi di canaletta devono avvenire per sovrapposizione degli stessi; eccezionalmente possono essere realizzate con fascette coprigiunto o per accostamento mediante elemento di giunzione bullonato di analogo spessore.

Giunzioni di cavi elettrici

Le giunzioni di cavi elettrici: -non possono essere effettuate senza la preventiva autorizzazione della "D.L.". -devono in ogni caso cadere in pozzi. -devono essere eseguite con il sistema resina colata con resine epoxidiche a freddo di elevata rigidità dielettrica e resistenza all'umidità ed alla corrosione. -devono essere effettuate mediante morsetti in ottone a pressione previo spelamento a perfetta regola d'arte dei terminali dei cavi da collegare. L'esecuzione del lavoro comprende la fornitura in opera di nastri, muffole, cassette e tutti gli accessori e minuterie necessari nonché eventuali prestazioni occorrenti quali saldature, ecc. Nel caso in cui debba essere eseguita la riparazione di cavi interrotti, le due parti interrotte devono essere unite mediante due giunzioni, effettuate come sopra descritto, ed uno spezzone di cavo intermedio di lunghezza non inferiore a m. 2 al fine di costituire adeguata scorta. Giunzioni su cavi di telecomando devono eseguirsi in contenitori stagni.

Scorte dei cavi

In corrispondenza di ogni derivazione deve essere lasciata nel pozzetto una scorta di almeno cm. 20 per ciascun cavo. In corrispondenza di quadri interni a fabbricati devono essere previste scorte adeguate al fine di permettere qualsiasi futuro spostamento del punto di allacciamento. In corrispondenza di quadri e dei centri di smistamento, sui cavi esterni devono essere previste scorte di almeno metri 1.

Derivazioni dalle dorsali

Per le derivazioni ai punti luce si rimanda a "ESECUZIONE DI PUNTO LUCE".

La derivazione di terra, invece, deve essere effettuata in ogni caso mediante cavo di collegamento avente sezione non inferiore a mmq 16 e di colore giallo/verde, da derivarsi dalla dorsale di terra mediante morsetti di rame a "C" a pressione, previo spelamento a regola d'arte del terminale del cavo derivato e del tratto di cavo di dorsale interessato dal morsetto.

Centri di smistamento cavi

Si intende come centro di smistamento cavi il complesso costituito da cassetta a piantana fornita in opera su apposita fondazione con incorporato il pozzetto di transito. Tale pozzetto di transito, del tutto simile a quello rompitratta, deve essere posizionato in corrispondenza della faccia anteriore della cassetta. All'interno della cassetta devono essere contenuti i dispositivi e le apparecchiature necessarie alla realizzazione degli smistamenti di cui agli schemi elettrici di progetto.

24.3.3 ESECUZIONE DI PUNTO LUCE

Descrizione

Il tipo di palo, indicato negli elaborati di progetto, è di norma rettilineo e zincato a caldo.

Ogni palo di altezza totale 10,80m:

- deve avere predisposta un'asola, come indicato nell'apposito disegno, nella quale deve essere posata la cassetta di derivazione;
- deve avere saldata all'esterno, come indicato nel disegno di cui sopra, una piastrina da utilizzare per la messa a terra dello stesso e per eventuali collegamenti di equipotenzialità e di messa a terra locale;
- deve avere predisposta un'asola ingresso cavi, come indicato nel disegno di cui sopra.

Ogni palo di altezza totale 12,30m:

- deve avere saldata all'esterno, come indicato nell'apposito disegno, una piastrina da utilizzare per la messa a terra dello stesso e per eventuali collegamenti di equipotenzialità e di messa a terra locale;
- deve avere predisposta un'asola ingresso cavi, come indicato nel disegno di cui sopra. La sommità del palo deve avere un diametro adeguato ad accogliere l'attacco a manicotto dell'apparecchio illuminante o del supporto per più apparecchi illuminanti.

25 DIFETTI DI COSTRUZIONE

La Ditta deve demolire e rifare a sue spese i lavori eseguiti senza la necessaria diligenza o con materiali, per qualità, misura o peso, inferiori a quelli prescritti; qualora la stessa non ottemperasse all'ordine ricevuto, si procederà d'ufficio alla demolizione ed al rifacimento dei lavori sopradetti addebitando alla Ditta gli oneri relativi.

Nel caso in cui la D.L. presuma che esistano difetti di costruzione, la stessa può ordinare l'effettuazione degli accertamenti ritenuti più idonei.

Qualora vengano riscontrati dei vizi, saranno a carico dell'Appaltatore, oltre a tutte le spese per la loro eliminazione, anche quelle per le operazioni di verifica.

26 RESTITUZIONE DELLE AREE TEMPORANEAMENTE OCCUPATE

L'appaltatore deve provvedere alla formale restituzione ai legittimi proprietari di tutte le aree temporaneamente occupate a qualsiasi titolo, destinazione o uso (cantiere o transito).

La restituzione dovrà avvenire previa effettuazione di tutti i lavori necessari a ripristinare lo stato originario dei luoghi, ciò a meno di diverso esplicito accordo con i proprietari. Ugualmente, al completamento dei lavori la viabilità ordinaria percorsa dai mezzi di cantiere dovrà essere pulita e senza danneggiamenti imputabili alla presenza del cantiere.

27 MANUTENZIONE DELLE OPERE FINO AL COLLAUDO

Sino a che non sia intervenuto, con esito favorevole, il collaudo definitivo delle opere, la manutenzione delle stesse deve essere fatta a cura e a spese dell'Impresa.

Per tutto il tempo intercorrente fra l'esecuzione ed il collaudo e fatte salve le maggiori responsabilità sancite dall'Art. 1669 del Codice Civile, l'Impresa è quindi garante delle opere e delle forniture eseguite, sostituzioni o ripristini che si rendessero necessari. Durante il periodo in cui la manutenzione è a carico dell'Impresa, la manutenzione stessa dovrà essere eseguita nel modo più tempestivo, provvedendo di volta in volta, alle riparazioni resesi necessarie senza che occorrono particolari inviti da parte della D.L..

Ove però l'Impresa non provvedesse nei termini prescritti con invito scritto dalla D.L., si procederà d'ufficio e la spesa andrà a debito dell'Impresa stessa.

Le riparazioni dovranno essere eseguite a regola d'arte.

28 COLLAUDI

Tutte le opere saranno soggette a collaudo statico e acustico per determinare l'efficienza, la funzionalità e la rispondenza alle norme specifiche.

Le operazioni di collaudo statico vanno effettuate a cura della Ditta con proprio personale e, con le proprie attrezzature. La D.L. si riserva il diritto di presenziare ai collaudi.

La Ditta dovrà sottoporre, per approvazione, il piano dei collaudi, in cui saranno stabiliti:

- modalità del collaudo;
- opere temporanee necessarie;
- attrezzature necessarie;
- personale necessario;
- norme, specifiche e tolleranze;
- quanto altro possa essere necessario per la buona riuscita delle operazioni.

Prima di procedere al collaudo dovrà essere effettuata una minuziosa verifica onde accertare lo stato di completezza dell'installazione e la rispondenza di queste ai disegni di progetto.

Potranno essere eseguiti collaudi parziali.

In tal caso, in fase di collaudo totale, dovranno essere disponibili gli esiti del collaudo parziale.

**ALLEGATO 1 - Capitolato per spostamenti del cavo in rame a
seguito di opere civili di ampliamento e di modifica della sede
autostradale - Descrizione Lavorazioni e Caratteristiche Tecniche**

ALLEGATO 2 - Prescrizioni Tecniche per la realizzazione degli impianti di illuminazione esterna (con predisposizioni civili)

ALLEGATO 3 - Norme Tecniche per il rifacimento ed ammodernamento della segnaletica verticale