

Regione Lombardia

Direzione Generale Infrastrutture, Trasporti e Mobilità sostenibile



CODICE
COMMESSA

LIVELLO
PROGETTAZIONE

D.P.R.
207/10

PROGRESSIVO
ELABORATO

CATEGORIA
OPERA

NUMERO
OPERA

REVISIONE

SCALA

B 3 2

D

g

0 0 1

I T

- -

R 1

LINEA BRESCIA- ISEO-EDOLO - COMUNE DI ROVATO
IMPIANTO DI DEPOSITO E MANUTENZIONE TRENI
Progetto Definitivo

OPERE CIVILI
CAPITOLATO TECNICO PRESTAZIONALE

Revisionsi	Data	Descrizione	Redatto	Controllato
3				
2				
1	MAG. 2022	REVISIONE GENERALE		
0	FEB. 2022	PRIMA EMISSIONE		

NORD_ING

NORD_ING Srl
IL DIRETTORE TECNICO
Ing. Luca Erba

FERROVIENORD

FERROVIENORD S.p.A.
DIREZIONE SVILUPPO INFRASTRUTTURA
IL DIRETTORE
Ing. Marco Mariani

Progettista



Stampa circolare: DOTT. ING. ERBA LUCA, Sez. A - Settori: a) civile e ambientale, b) materiale, c) dell'informazione, n° A 638, LECCO

Collaborazione

REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE			AGG.

Sommario

DISPOSIZIONI GENERALI	12
1.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	12
1.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	12
1.2.1 NORMATIVA NAZIONALE	12
1.3 DEFINIZIONI.....	13
1.4 ABBREVIAZIONI	13
1.5 ONERI GENERALI	14
1.6 ADEMPIMENTI IN MATERIA AMBIENTALE.....	15
1.7 ADEMPIMENTI IN MATERIA DI SICUREZZA DEL LAVORO	15
BONIFICA ORDIGNI BELLICI.....	17
2.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	17
2.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	17
2.2.1 NORMATIVA NAZIONALE	17
2.2.2 DOCUMENTAZIONE TECNICA DI RIFERIMENTO.....	17
2.3 DEFINIZIONI.....	18
2.4 ABBREVIAZIONI	18
2.5 PRESCRIZIONI GENERALI	19
2.5.1 ONERI GENERALI	19
2.5.2 NORME DI SICUREZZA.....	19
2.6 RIMOZIONE DELLA VEGETAZIONE	20
2.7 ESPLOREAZIONE DEL TERRENO E SCAVO PER L'INDIVIDUAZIONE DEGLI ORDIGNI BELLICI	20
2.8 EVENTUALE RIMOZIONE DEGLI ORDIGNI, SOSTANZE E MATERIALI BELLICI.....	21
2.9 EVENTUALE RITOMBAMENTO AL TERMINE DELLE ATTIVITA'	22
2.10 COLLAUDO	22
4.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	23
4.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	23
4.2.1 NORMATIVA NAZIONALE	23
4.3 DEFINIZIONI.....	23

4.4	ABBREVIAZIONI	24
4.5	ONERIE PRESCRIZIONI GENERALI	24
4.6	CONTROLLI	25
4.6.1	CONTROLLI PRELIMINARI	25
4.6.2	CONTROLLI FINALI	26
4.6.3	CONTROLLI RELATIVI A DANNI E RIPRISTINI	26
	OPERE IN TERRA E SCAVI	27
5.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	27
5.1.1	SCOPO	27
5.1.2	CAMPO D'APPLICAZIONE	27
5.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	27
5.2.1	NORMATIVA NAZIONALE	27
5.2.2	NORMATIVA TECNICA	28
5.3	DEFINIZIONI	29
5.4	ABBREVIAZIONI	29
5.5	PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI	29
5.5.1	DISERBAMENTO E SCOTICAMENTO	29
5.5.2	SCAVI IN GENERE	30
5.5.3	RINTERRI	31
5.5.4	RILEVATI	32
5.5.4.1	Rilevato ferroviario	33
5.5.4.2	Rilevato ferroviario a ridosso delle opere d'arte	38
5.5.4.3	Rilevato stradale	39
5.5.5	DUNE, RITOMBAMENTI, COLLINE ARTIFICIALI	39
5.5.6	TRINCEE	40
5.5.6.1	Trincee ferroviarie	40
5.5.6.2	Trincee stradali	40
5.5.7	STRATO "SUPERCOMPATTATO"	41
5.5.7.1	Strato "supercompattato" per rilevati e trincee ferroviarie	41
5.5.7.2	Strato di sottofondo per rilevati e trincee stradali	42
5.5.8	INERBIMENTO	43
5.6	PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	43
5.6.1	PRESCRIZIONI ED ONERI PARTICOLARI PER LA GESTIONE DEI MATERIALI IN ESCLUSIONE DAL REGIME DEI RIFIUTI	44
5.6.2	PRESCRIZIONI ED ONERI PARTICOLARI PER LA GESTIONE DEI MATERIALI IN REGIME DEI RIFIUTI	44
5.7	CONTROLLI	44
5.7.1	PRESCRIZIONI GENERALI	44

5.8	CONTROLLI SUGLI SCAVI.....	46
5.8.1	SCAVI A MANO O A MACCHINA.....	46
5.8.1.1	Controllo della geometria	46
5.8.1.2	Controllo della densità secca	46
5.8.1.3	Controllo del modulo di deformazione.....	46
5.8.2	SCAVI CON ESPLOSIVI.....	46
5.9	CONTROLLI SUI RINTERRI.....	47
5.9.1	CONTROLLI SUI MATERIALI.....	47
5.9.2	CONTROLLO DELLA DENSITÀ SECCA.....	47
5.9.3	CONTROLLO DEL MODULO DI DEFORMAZIONE.....	47
5.9.4	CONTROLLO DELLO SPESSORE DEGLI STRATI.....	47
5.10	CONTROLLI SUI RILEVATI	47
5.10.1	RILEVATI FERROVIARI.....	47
5.10.1.1	Controlli sui materiali.....	48
5.10.1.2	Corpo del rilevato.....	48
5.10.1.3	Controlli sul contenuto d'acqua dei materiali	48
5.10.1.4	Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati.....	48
5.10.1.5	Controlli sulla densità secca.....	48
5.10.1.6	Controllo del modulo di deformazione.....	49
5.10.1.7	Controllo della geometria del rilevato	49
5.10.1.8	Controllo dell'inerbimento delle scarpate del rilevato.....	49
5.10.1.9	Monitoraggi.....	49
5.10.2	RILEVATI A RIDOSSO DI OPERE D'ARTE	49
5.10.2.1	Controllo del materiale	49
5.10.2.2	Controllo della densità secca	49
5.10.2.3	Controllo del modulo di deformazione.....	49
5.10.2.4	Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati.....	50
5.10.3	RILEVATI STRADALI.....	50
5.10.4	CONTROLLI SULLE DUNE, RITOMBAMENTI E COLLINE ARTIFICIALI	50
5.10.5	CONTROLLI SULLE TRINCEE.....	50
5.10.5.1	Trincee ferroviarie.....	50
5.10.5.2	Controlli sui materiali Piano di posa	50
5.10.6	CONTROLLI SULLO STRATO SUPERCOMPATTATO	51
5.10.6.1	Controlli sui materiali.....	51
5.10.6.2	Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati.....	51
5.10.6.3	Controlli sulla densità secca.....	51
5.10.6.4	Controllo del modulo di deformazione.....	51
	OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	52
6.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	52
6.1.1	OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO	52
6.1.2	OPERE IN ACCIAIO	52
6.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	53
6.2.1	NORMATIVA NAZIONALE	53
6.2.2	NORMATIVA EUROPEA	53

6.2.3 DOCUMENTAZIONE TECNICA.....	58
6.3 DEFINIZIONI.....	60
6.4 ABBREVIAZIONI	60
6.5 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO.....	60
6.5.1 PRESCRIZIONI GENERALI	60
6.5.2 REQUISITI DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE DEL CALCESTRUZZO.....	61
6.5.3 CARATTERISTICHE E REQUISITI DEI MATERIALI COSTITUENTI IL CONGLOMERATO CEMENTIZIO.....	63
6.5.3.1 Cemento.....	63
6.5.3.2 Aggiunte: ceneri volanti, microsilice e loppa d’altoforno	63
6.5.3.3 Aggregati	64
6.5.3.4 Acqua d’impasto	64
6.5.3.5 Additivi	64
6.5.4 CARATTERISTICHE E REQUISITI DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO.....	65
6.5.4.1 Classi di resistenza.....	65
6.5.4.2 Copriferro.....	65
6.5.4.3 Rapporto acqua/cemento	66
6.5.4.4 Consistenza	66
6.5.4.5 Acqua essudata	66
6.5.4.6 Contenuto in cloruri	66
6.5.4.7 Temperatura	67
6.5.4.8 Aria occlusa	67
6.5.5 REQUISITI MINIMI DELLE MISCELE IN RELAZIONE ALL’IMPIEGO	67
6.5.5.1 Calcestruzzi soggetti a cicli di gelo - disgelo.....	70
6.5.5.2 Calcestruzzi soggetti ad attacco chimico.....	71
6.5.5.3 Calcestruzzi soggetti a dilavamento e penetrazione all’acqua	71
6.5.5.4 Calcestruzzi soggetti a reazione alcali- aggregati.....	71
6.5.5.5 Calcestruzzi soggetti all’attacco di cloruri presenti nell’acqua di mare.....	72
6.5.6 REQUISITI AGGIUNTIVI DELLE MISCELE	72
6.5.6.1 Modulo elastico.....	72
6.5.6.2 Ritiro idraulico.....	72
6.5.6.3 Ritiro termico	72
6.5.7 PRESCRIZIONI PER I SINGOLI TIPI DI CALCESTRUZZO	73
6.5.7.1 Calcestruzzo armato gettato in opera.....	73
6.5.7.2 Calcestruzzo armato da prefabbricazione.....	75
6.5.8 QUALIFICA DEI MIX DESIGN PER CONGLOMERATI CEMENTIZI.....	76
6.5.8.1 Studi preliminari di prequalifica	76
6.5.8.2 Qualifica all’impianto di betonaggio	77
6.5.9 CONTROLLI DI CONFORMITÀ IN CORSO D’OPERA E FREQUENZE DI PROVA.....	78
6.5.9.1 Controlli di accettazione della resistenza a compressione	79
6.5.9.2 Controllo di accettazione dei valori di consistenza	80
6.5.9.3 Controlli di conformità della resistenza sulle opere finite	81
6.5.10 CARATTERISTICHE DELL’ACCIAIO D’ARMATURA PER C.A. E C.A.P.	82
6.5.10.1 Prescrizioni comuni alle tipologie di acciaio.....	82
6.5.10.2 Acciaio per cemento armato	83
6.5.10.3 Controlli di accettazione in cantiere	83
6.5.10.4 Acciaio per cemento armato precompresso	84
6.5.10.5 Controlli di accettazione in cantiere	84

6.5.11	NORME E REGOLE DI ESECUZIONE	85
6.5.11.1	Impiego di magrone o malta di livellamento	85
6.5.11.2	Posa in opera delle casseforme.....	85
6.5.11.3	Posizionamento e realizzazione di gabbie di armatura e giunzioni	87
6.5.11.4	Posa in opera del calcestruzzo	87
6.5.11.5	Stagionatura del calcestruzzo	92
6.5.11.6	Operazioni di disarmo	93
6.5.11.7	Caratteristiche superficiali dei getti	93
6.5.12	ELEMENTI PRECOMPRESSI	93
6.5.12.1	Posizionamento delle armature di precompressione	93
6.5.12.2	Tesatura dei cavi di precompressione.....	94
6.5.12.3	Dispositivi di ancoraggio	95
6.5.12.4	Guaine ed iniezioni di malta.....	95
6.5.13	ELEMENTI PREFABBRICATI	97
6.5.13.1	Controlli in fase di produzione degli elementi	97
6.5.13.2	Marcatura e stoccaggio.....	99
6.5.13.3	Trasporto e movimentazione.....	99
6.5.14	CALCESTRUZZI SPECIALI	99
6.5.14.1	Calcestruzzo proiettato	99
6.5.14.2	Calcestruzzo rinforzato con fibre di acciaio	107
6.5.14.3	Calcestruzzo autocompattante	107
6.5.15	TOLLERANZE COSTRUTTIVE.....	107
6.5.16	INTERVENTI DI RIPRISTINO E/O RINFORZO DI STRUTTURE DEGRADATE IN CALCESTRUZZO	
	109	
6.5.16.1	Indagini.....	110
6.5.16.2	Stato di conservazione delle strutture	111
6.5.16.3	Materiale per il ripristino/rinforzo – criteri generali.....	112
6.5.16.4	Sintesi del processo progettuale	114
6.5.16.5	Livello di degrado – tecnica d’intervento - caratterizzazione prestazionale dei materiali..	115
6.5.16.6	Degrado superficiale – spessori 1 -10 mm - rasatura.....	115
6.5.16.7	Prove e controlli	127
6.5.17	PROTEZIONE DELLE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO.....	129
6.5.17.1	Scelta prestazionale dei sistemi protettivi	129
6.5.17.2	Protezione elevatissima – sistema protettivo filmogeno elastico a base poliuretanica- spessore di film secco 200 micron	130
6.5.17.3	Protezione elevata – sistema protettivo filmogeno elastico a base acrilica per strutture a contatto non permanente con acqua spessore di film secco 200 micron	132
6.5.17.4	Protezione elevata – sistema protettivo filmogeno rigido a base metacrilica spessore di film secco 80-150 micron	132
6.5.18	ANCORAGGI E INGHISAGGI.....	133
6.5.18.1	Ancoraggi con materiali cementizi	133
6.5.18.2	Ancoraggi con materiali a base di resina.....	136
6.5.18.3	Inghisaggi chimici con resina epossidica in cartuccia	136
6.5.19	INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA.....	137
6.5.19.1	Ancoraggi con materiali a base di resina.....	137
6.5.19.2	Interventi.....	138
6.6	OPERE IN ACCIAIO.....	146
6.6.1	CLASSI DI ESECUZIONE	146
6.6.2	REQUISITI E OBBLIGHI DELL’ESECUTORE	146

6.6.2.1	Requisiti.....	146
6.6.2.2	Obblighi	147
6.6.3	QUALITA' DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	148
6.6.3.1	Profilati e lamiere	148
6.6.3.2	Chiodi	152
6.6.3.3	Bulloni	152
6.6.3.4	Connettori	154
6.6.4	PROVE DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI.....	154
6.6.4.1	Profilati e lamiere	154
6.6.4.2	Chiodi	155
6.6.4.3	Bulloni	156
6.6.4.4	Chiavarde	157
6.6.4.5	Connettori	157
6.6.4.6	Apparecchi d'appoggio, coprigiunti, pendini	157
6.6.5	LAVORAZIONI D'OFFICINA E PRESCRIZIONI	157
6.6.5.1	Generalita'	157
6.6.5.2	Tagli	157
6.6.5.3	Assemblaggio dei pezzi	158
6.6.5.4	Forature ed alesature.....	158
6.6.5.5	Controllo dimensionale dei singoli pezzi.....	158
6.6.6	BULLONATURE	159
6.6.6.1	Generalita'	159
6.6.6.2	Giunzioni con bulloni a taglio	159
6.6.6.3	Giunzioni con bulloni ad attrito.....	160
6.6.6.4	Modalita' di serraggio	160
6.6.6.5	Controllo del serraggio.....	161
6.6.7	SALDATURE	162
6.6.7.1	Oneri dell'esecutore.....	162
6.6.7.2	Tipologie di saldatura.....	164
6.6.7.3	Procedimenti di saldatura applicabili.....	164
6.6.7.4	Specifiche di procedura di saldatura.....	164
6.6.7.5	Prescrizioni sui materiali d'apporto	164
6.6.7.6	Procedimento manuale ad arco con elettrodi rivestiti	165
6.6.7.7	Procedimento di saldatura automatica ad arco sommerso.....	165
6.6.7.8	Procedimento di saldatura con filo animato con protezione di gas	165
6.6.7.9	Procedimento di saldatura dei connettori	165
6.6.7.10	Qualificazione delle specifiche di procedura di saldatura.....	166
6.6.7.11	Qualificazione degli addetti alle procedure di saldatura	168
6.6.7.12	Prescrizioni costruttive.....	169
6.6.7.13	Prescrizioni concernenti i particolari strutturali.....	171
6.6.7.14	Modalità esecutive dei controlli non distruttivi	177
6.6.7.15	Qualità delle saldature	181
6.6.7.16	Modalità di riparazione	181
6.6.7.17	Controllo della geometria dei profili composti saldati.....	183
6.6.8	PREMONTAGGIO IN OFFICINA DELLE STRUTTURE PER PONTI FERROVIARI	185
6.6.9	MONTAGGIO IN OPERA.....	186
6.6.9.1	Prescrizioni generali	186
6.6.9.2	Saldature in fase di montaggio in cantiere	187
6.6.10	TRATTAMENTI SUPERFICIALI.....	188
6.6.10.1	Generalita'	188

6.6.10.2Zincatura a caldo	188
6.6.10.3Verniciatura.....	189
PALI E MICROPALI.....	196
7.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	196
7.1.1. CAMPO DI APPLICAZIONE	196
7.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	196
7.2.1. NORMATIVA NAZIONALE	196
7.2.2. NORMATIVA EUROPEA E NORMATIVA TECNICA.....	196
7.3. Normativa ferroviaria	197
7.4. DEFINIZIONI	197
7.5. ABBREVIAZIONI	199
7.6. ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI	199
7.6.1. RELAZIONE TECNICO – OPERATIVA.....	200
7.7. PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO	202
7.7.1. MATERIALI	202
7.7.1.1. Armature metalliche	202
7.7.1.2. Rivestimenti metallici	202
7.7.1.3. Conglomerati cementizi	203
7.7.1.4. Fanghi per il sostegno dello scavo.....	203
7.7.2. MODALITÀ ESECUTIVE	203
7.7.2.1. Pali infissi.....	203
7.7.2.2. Palitrivellati	206
7.8. MICROPALI	211
7.8.1. Tipologie	211
7.8.1.1. Micropalicementati mediante iniezioni multiple selettive	211
7.8.1.2. Micropali a semplice cementazione	211
7.8.2. MATERIALI	212
7.8.3. MODALITÀ ESECUTIVE	213
7.8.3.1. Tecniche ed attrezzature per la perforazione	213
7.8.3.2. Micropalicementati mediante iniezioni multiple selettive	213
7.8.3.3. Micropali a semplice cementazione	214
7.9. CONTROLLI.....	215
7.9.1. PROVE IN CORSO D’OPERA	215
7.9.2. PROVE SU PALI STRUMENTATI.....	217
7.9.3. PROVE DI CONTROLLO SONICO	217
7.9.3.1. Carotaggio sonico.....	217
7.9.3.2. Prove cross-hole.....	218
7.9.4. PROVE DI AMMETTENZA MECCANICA (TRANSIENT DYNAMIC RESPONSE TEST).....	219
7.9.5. Descrizione della prova	219
7.9.6. Modalità di esecuzione	219

7.9.7. Documentazione della prova	220
7.10. TOLLERANZE DI COSTRUZIONE.....	220
7.10.1. OBIETTIVI	220
7.10.2. DEFINIZIONI.....	220
7.10.3. MODALITÀ DI LETTURA.....	220
PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	222
8.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	222
8.1.1 CAMPO DI APPLICAZIONE	222
8.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	222
8.2.1 NORMATIVA NAZIONALE	222
8.3 NORMATIVA FERROVIARIA	223
8.4 DEFINIZIONI	223
8.5 ABBREVIAZIONI	223
8.6 ONERIE PRESCRIZIONI GENERALI	223
8.6.1 CAMPO PROVA	224
8.7 MATERIALI	225
8.7.1 ARMATURE E CONGLOMERATO CEMENTIZIO	225
8.7.2 FANGHI STABILIZZANTI	225
8.7.3 PALANCOLE METALLICHE	225
8.8 MODALITA' ESECUTIVE	225
8.8.1 PARATIE DI PALI	225
8.8.2 DIAFRAMMI.....	226
8.8.2.1. Prescrizioni generali.....	226
8.8.2.2. Piani di lavoro.....	226
8.8.2.3. Cordoli guida.....	226
8.8.2.4. Perforazione.....	227
8.8.2.5. Dispositivi per la formazione dei giunti.....	228
8.8.2.6. Armature.....	228
8.8.2.7. Getto del calcestruzzo	229
8.8.3 PALANCOLATI.....	230
8.8.3.1. Prescrizioni generali.....	230
8.8.3.2. Infissione	230
8.8.3.3. Estrazione.....	230
8.9 CONTROLLI FINALI.....	230
8.9.1 PROVE DI CONTROLLO SONICO	231
8.9.1.1. Modalità di prova	231
8.9.1.2. Documentazione della prova.....	232
8.10 TOLLERANZE DI COSTRUZIONE.....	232

8.10.1	OBIETTIVI	232
8.10.2	DEFINIZIONI.....	232
8.10.3	TOLLERANZE DI COSTRUZIONE: MODALITÀ DI LETTURA.....	232
SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI		234
13.1.	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	234
13.1.1.	CAMPO DI APPLICAZIONE	234
13.2.	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	234
13.2.1.	NORMATIVA NAZIONALE	234
13.2.2.	NORMATIVA TECNICA Aggregati.....	235
13.3.	DEFINIZIONI.....	239
13.4.	ABBREVIAZIONI	240
13.5.	PRESCRIZIONI GENERALI	240
13.5.1.	TIPI DI MATERIALI.....	240
13.5.2.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	240
13.6.	ONERI.....	241
13.6.1.	CONTROLLI	242
13.6.2.	PREAVVISI.....	243
13.7.	PAVIMENTAZIONI PER INTERPORTI	244
13.7.1.	PAVIMENTAZIONE COSTITUITA DA UNO STRATO DI MISCELA CATALIZZATA E DA UNO STRATO DI CONGLOMERATO BITUMINOSO	244
13.7.1.1	Strato di fondazione e base in miscela catalizzata	244
13.7.1.2	Conglomerato bituminoso.....	248
13.7.2.	PAVIMENTAZIONE DI TIPO RIGIDO IN CALCESTRUZZO	249
13.7.2.1	Indagini preliminari.....	249
13.7.2.2	Strato di fondazione in misto granulare cementato.....	249
13.7.2.3	Rivestimento in lastre di calcestruzzo armato.....	249
13.8.	PAVIMENTAZIONI STRADALI	251
13.8.1.	TIPOLOGIE E CARATTERISTICHE DELLE PAVIMENTAZIONI	251
13.8.2.	LEGANTI.....	254
13.8.2.1	Leganti bituminosi di base e modificati	254
13.8.2.2	Emulsioni bituminose.....	256
13.8.2.3	Utilizzo di additivi.....	257
13.8.3.	STRATO DI ANTICAPILLARE	257
13.8.3.1	Fondazione in misto cementato confezionato in centrale	258
13.8.3.2	Misto granulare stabilizzato per fondazione e sottofondazione	259
13.8.3.3	Strati in conglomerato bituminoso di base, binder e usura	262
13.9.	SUB – BALLAST.....	274
13.9.1.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI COSTITUENTI	274
13.9.1.1	Materiali inerti	274
13.9.1.2	Aggregati.....	274

13.9.1.3	Legante bituminoso, caratteristiche di confezionamento e controllo delle miscele.....	275
13.9.2.	MISCELA	276
13.9.3.	CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE	277
13.9.4.	CONFEZIONE DELLE MISCELE	278
13.9.5.	TRASPORTO E POSA IN OPERA DELLE MISCELE.....	279
13.9.6.	CONTROLLI FINALI	280
13.10.	PAVIMENTAZIONI DI OPERE STRADALI ACCESSORIE	282
13.10.1.	Marciapiedi a Cordoli.....	282
13.10.1.1	Parcheggi.....	283
OPERE VARIE		285
16.1.	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	285
16.2.	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	285
16.2.1.	NORMATIVA NAZIONALE	285
16.2.2.	NORMATIVA EUROPEA.....	286
16.2.3.	DOCUMENTAZIONE TECNICA.....	286
16.3.	DEFINIZIONI.....	287
16.4.	ABBREVIAZIONI	287
16.5.	PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	287
16.6.	PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI	288
16.6.1.	RETI DI DISTRIBUZIONE	288
2.6.1.1.	Scavi	288
17.6.1.2.	Particolari tipi di scavo.....	290
17.6.1.3.	Movimentazione e stoccaggio dei materiali.....	290
16.6.2.	POSA IN OPERA DELLE RETI INTERRATE	291
17.6.2.1.	Posa in opera cavi interrati	291
17.6.2.2.	Posa in opera di tubazioni interrata	291
17.6.2.3.	Modifiche di reti esistenti.....	292
17.6.2.4.	Riempimenti	292
16.6.3.	MANUFATTI PER TOMBINI E SOTTOPASSI	294
16.6.4.	TUBAZIONI PER DRENAGGI.....	294
17.6.4.1.	Tubazioni eseguite con casseforme pneumatiche	294
17.6.4.2.	Tubazioni eseguite con elementi prefabbricati	294
16.6.5.	RECINZIONI.....	295
17.6.5.1.	Recinzione con paletti in c.a.p. e rete metallica	295
17.6.5.2.	Recinzione formata con lastre prefabbricate in c.a. vibrato	295
17.6.5.3.	Recinzione con muretto di base e sovrastante grigliato	295
17.6.5.4.	Recinzione con muretto e sovrastante rete elettrosaldata zincata	296
17.6.5.5.	Recinzione con paletti in profilato di ferro e rete zincata	296
GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO		297
20.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	297

20.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	297
20.2.1	NORMATIVA NAZIONALE	297
20.3	DEFINIZIONI.....	298
20.4	ABBREVIAZIONI	298
20.5	PRESCRIZIONI GENERALI	298
20.5.1	RIUTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO NELLO STESSO SITO DI PRODUZIONE.....	299
20.5.2	RIUTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO IN UN SITO DI DESTINAZIONE O IN UN PROCESSO PRODUTTIVO DIVERSO DA QUELLO DI PRODUZIONE.....	300
20.5.3	GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO COME RIFIUTO	301

DISPOSIZIONI GENERALI

1.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Il presente Capitolato Tecnico determina le condizioni tecniche generali per l'esecuzione e la valutazione dei lavori relativi a opere civili appaltati da FERROVIENORD o che interferiscono con la sede ferroviaria. Esso si applica sia alle nuove costruzioni che alle riparazioni o modificazioni di opere o parti d'opera esistenti.

Nel Capitolato, per brevità ed uniformità, è solitamente indicato, con il termine generico di "FERROVIE", FERROVIENORD S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di FERROVIENORD S.p.A. (Direzione lavori, Alta sorveglianza). Il termine generico di "ESECUTORE" è usato per indicare il soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale).

1.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Tutti i lavori dovranno essere eseguiti nel rispetto delle norme di legge e dei regolamenti vigenti, istruzioni e normative tecniche applicabili, delle specifiche tecniche emanate dalle FERROVIE, nonché di tutta la documentazione di riferimento riportata sia nella prima parte generale sia nelle successive Sezioni di Capitolato, riguardanti le specifiche categorie o tipologie di opere da realizzare.

Si elenca di seguito la principale documentazione di riferimento per la quale è specificato l'anno di pubblicazione. Resta inteso che gli eventuali aggiornamenti, pubblicati a valle della redazione del presente Capitolato, saranno recepiti dall'ESECUTORE, previo accordo tra le parti.

1.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- Capitolato generale d'appalto (D.M. n. 145 del 19.04.2000);
- Codice dei Contratti Pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE - D.lgs. n. 50 del 18/04/2016 e s.m.i;
- Nuovo Regolamento del Codice dei Contratti - D.P.R. n. 207 del 5.10.2010 e s.m.i;
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni";
- Circolare del CSLP del 21 marzo 2018: Prima applicazione del DM 17.01.2018, riportante l'aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni", alle procedure autorizzative e di qualificazione del servizio tecnico centrale;
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 del Consiglio Superiore dei LL.PP. - "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008";
- D.lgs n. 152 del 3 aprile 2006 "Norme in materia ambientale" e s.m.i.;
- DPR 13 giugno 2017, n. 120: "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164"
- Legge n. 191 del 26 aprile 1974 - Prevenzione degli infortuni sul lavoro nei servizi e negli impianti gestiti dall'Azienda autonoma delle ferrovie dello Stato;
- DPR n. 469 del 1° giugno 1979 - Regolamento di attuazione della legge 26 aprile 1974, n. 191,

sulla prevenzione degli infortuni sul lavoro nei servizi e negli impianti gestiti dall'Azienda autonoma delle Ferrovie dello Stato;

- D.P.R. n. 753 del 11 luglio 1980 - Nuove norme in materia di polizia, sicurezza e regolarità dell'esercizio delle ferrovie e di altri servizi di trasporto;
- D.lgs n. 81 del 9 aprile 2008 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro" e s.m.i.;
- Decreto Min. Infrastrutture e Trasporti 4 aprile 2014 n. 137 "Norme Tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto".

1.3 DEFINIZIONI

A completamento dei termini definiti nel Contratto d'appalto e nelle successive Sezioni di Capitolato, di seguito si riporta il significato dei termini principali utilizzati nel presente Capitolato e nei documenti in esso richiamati.

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale);

FERROVIE: FERROVIENORD S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di FERROVIENORD S.p.A. (Direzione lavori, Alta sorveglianza);

Committente: il soggetto per conto e in nome del quale l'opera viene realizzata o la fornitura viene effettuata;

Contratto: l'accordo tra il Committente e Appaltatore per l'esecuzione dei lavori descritti nel Contratto d'appalto contenente l'indicazione del corrispettivo pattuito o tra il Committente e il Fornitore per l'esecuzione delle forniture;

Appaltatore: la persona fisica o giuridica, o le persone fisiche o giuridiche ovvero soggetti senza personalità giuridica anche temporaneamente riuniti, consorziati, ovvero raggruppati in gruppo europeo di interesse economico, che si impegnano alla realizzazione dei lavori descritti nel Contratto di Appalto e delle forniture e dei servizi ad essi connessi;

Progetto: i documenti articolati in diversi livelli di approfondimento tecnico contenenti le indicazioni grafiche o numeriche illustrative o descrittive dell'oggetto dell'appalto;

Fornitore: la persona fisica o giuridica, o le persone fisiche o giuridiche ovvero soggetti senza personalità giuridica anche temporaneamente riuniti, consorziati, ovvero raggruppati in gruppo europeo di interesse economico, che si impegnano all'esecuzione delle forniture descritte nel Contratto d'appalto, nonché degli eventuali lavori e/o servizi ad esse connessi;

Direttore Lavori: figura incaricata di esercitare, per conto del Committente, tutte le attività finalizzate alla direzione ed al controllo tecnico, contabile ed amministrativo dell'esecuzione dei contratti di appalto curando che i lavori siano eseguiti a regola d'arte, in conformità del progetto e del contratto e nel rispetto della normativa vigente;

Personale incaricato: qualsiasi soggetto incaricato dal Committente delle operazioni di svolgimento delle attività connesse all'esecuzione del Contratto da parte del Fornitore, nonché allo svolgimento, in qualsiasi momento, di controlli e verifiche presso gli stabilimenti del Fornitore, diretti ad accertare la conformità delle forniture alle prescrizioni contrattuali.

1.4 ABBREVIAZIONI

CGC: Condizioni Generali di Contratto

DL: Direzione lavori

1.5 ONERI GENERALI

L'ESECUTORE dovrà rispettare le prescrizioni tecniche, generali e particolari, ed adempiere agli obblighi descritti nelle Sezioni del presente Capitolato, riguardanti le specifiche categorie o tipologie di opere da realizzare.

Tutti i lavori dovranno essere eseguiti nel rispetto delle norme di legge e dei regolamenti vigenti, fatto salvo il caso in cui il presente Capitolato preveda requisiti tecnici o standard qualitativi più elevati di quelli minimi previsti dalle normative tecniche in materia.

Le disposizioni e le norme tecniche di questo Capitolato sono impegnative per l'ESECUTORE, ma non limitative. Resta quindi inteso che è obbligo dell'ESECUTORE eseguire ed ultimare il lavoro, completo in ogni sua parte, in conformità agli elaborati di progetto, alle indicazioni del presente Capitolato e per tutto ciò che non è in essi indicato, al Capitolato Speciale, allegato al Contratto.

Le prescrizioni riportate nel Capitolato sono da intendersi integrative, ove non in contrasto, con le norme di legge vigenti e sono relative ai materiali, alle opere e ai componenti e alle relative modalità esecutive con lo scopo di garantire la stabilità e la durabilità nel tempo dell'opera finita.

Al fine di verificare la rispondenza delle opere eseguite alle norme vigenti, alle specifiche tecniche e agli standard prefissati, l'ESECUTORE deve eseguire o far eseguire a proprie spese tutte le prove e i controlli previsti dalla normativa vigente, quelli prescritti dal presente Capitolato nonché quelli integrativi richiesti dalle FERROVIE, in base a motivate esigenze, ovvero dal Collaudatore statico e/o dalla Commissione di Collaudo Tecnico Amministrativo.

Tutti gli oneri, diretti ed indiretti, derivanti dall'applicazione delle presenti prescrizioni, compresi quelli necessari per il prelievo, il confezionamento, il trasporto dei campioni dei materiali da sottoporre a prove fisiche, chimiche, meccaniche e funzionali, nonché i costi di esecuzione di queste ultime presso i Laboratori Ufficiali/Autorizzati si intendono compresi e compensati dai prezzi contrattuali.

Per tutti i tipi di prova, l'ESECUTORE deve fornire la manodopera e le attrezzature e deve predisporre le eventuali opere provvisorie ed i ponteggi in quantità e tipologie adeguate all'esecuzione delle prove medesime, nel rispetto delle garanzie di sicurezza durante le fasi operative. Resta inteso che il ripristino integrale delle parti d'opera interessate da prove e prelievi è da intendersi a carico dell'ESECUTORE e deve essere eseguito con materiali e modalità approvati dalle FERROVIE.

L'utilizzo di innovazioni tecnologiche, migliorative, che potranno intervenire nel corso di validità del presente Capitolato, relativamente ad attrezzature, modalità di esecuzione, prove in sito e/o in laboratorio etc., dovrà essere approvato preliminarmente dalle FERROVIE.

Fermo restando il diritto delle FERROVIE di provvedere, direttamente con il personale incaricato o attraverso organismi delegati, alla:

- verifica ed approvazione di documentazione progettuale, calcoli, relazioni, certificati, etc;
- effettuazione di prove e collaudi su materiali, manufatti e opere realizzate o in corso d'opera, l'ESECUTORE, solidalmente al Progettista, resterà totalmente responsabile relativamente a quanto, a titolo indicativo ma non limitativo, di seguito elencato:
 - validità e completezza del progetto;
 - esecuzione delle opere nel rispetto del progetto, delle regole d'arte e dei patti contrattuali;

- rispetto delle norme di legge e dei regolamenti vigenti;
- rispetto delle istruzioni e specifiche emanate dalle FERROVIE;
- danni, direttamente od indirettamente, derivati dalle operazioni di realizzazione delle opere, causati alle FERROVIE, agli organismi operanti per conto della stessa, a terzi, al proprio personale incaricato ed a quello dei subappaltatori e fornitori.

È espressamente inteso ed accettato dall'ESECUTORE che le verifiche, le approvazioni, le prove ed i collaudi effettuati dalle FERROVIE e dagli organismi da essa delegati non solleveranno in alcun modo e ad alcun titolo le responsabilità dell'ESECUTORE stesso.

Qualora un argomento risulti trattato in più Sezioni del Capitolato, in caso di discordanza, di regola avrà prevalenza l'indicazione contenuta nella specifica Sezione relativa all'opera di cui trattasi (es. micropali per fondazioni di opere d'arte Sez. 7, micropali per consolidamento del terreno Sez. 10).

Ogni ambiguità e/o contraddizione di altra natura che sia riscontrata tra i contenuti del presente Capitolato dovrà essere segnalata, in forma scritta, all'attenzione delle FERROVIE. Resta inteso che in caso di discordanza o contrasto di interpretazione tra le prescrizioni del presente Capitolato, avranno prevalenza quelle più favorevoli per le FERROVIE.

1.6 ADEMPIMENTI IN MATERIA AMBIENTALE

Nello svolgimento delle proprie attività, l'ESECUTORE è tenuto alla completa osservanza di quanto prescritto dalla normativa vigente in materia di tutela ambientale, dalle CGC, dalle procedure in uso presso FERROVIENORD oltre che dalle ulteriori eventuali prescrizioni impartite da FERROVIENORD medesima e/o dagli Enti di tutela in materia ambientale in fase di approvazione del progetto od in corso d'opera, oltre che a prevedere, nell'eventuale contratto di subappalto o di fornitura in opera, l'obbligo da parte del/i Subappaltatore/i o del/i Fornitore/i in opera di osservare dette prescrizioni, norme o disposizioni. In particolare, l'ESECUTORE è tenuto a porre in essere tutte le precauzioni, gli adempimenti, le misure organizzativo-gestionali e le cautele previste dalla normativa in materia di tutela ambientale in modo da evitare che dall'esecuzione dei lavori possano determinarsi situazioni di violazione della stessa, di inquinamenti, di pericolo per la salute dell'uomo e di pregiudizio o pericolo di pregiudizio per l'ambiente.

Le FERROVIE vigileranno affinché l'ESECUTORE rispetti tutte le prescrizioni previste dalla normativa vigente e dalle Procedure di Tutela Ambientale ferroviarie, per quanto applicabili, consegnate al momento della sottoscrizione del contratto applicativo; a tal fine la DL effettua, nel corso dei lavori, accertamenti circa lo stato delle aree cedute all'ESECUTORE e sul corretto adempimento degli obblighi in materia di tutela dell'ambiente (p.es. corretta gestione dei rifiuti e dei materiali tolti d'opera; eventuale ottenimento delle autorizzazioni comunali per lo svolgimento di attività temporanee, in deroga ai valori limite di immissione di rumore, laddove necessarie; rispetto delle normative per lo stoccaggio di lubrificanti, combustibili liquidi, e altre sostanze pericolose, etc.).

L'ESECUTORE resterà responsabile di ogni negativa conseguenza sullo sviluppo dei lavori derivante dal mancato rispetto di normative/prescrizioni ambientali e sarà a suo carico, oltre all'onere di tempestiva risoluzione delle carenze e/o difformità, ogni eventuale sanzione per le stesse irrogata dalle Autorità competenti.

1.7 ADEMPIMENTI IN MATERIA DI SICUREZZA DEL LAVORO

L'ESECUTORE è tenuto alla completa osservanza di quanto prescritto dalle Condizioni generali di Contratto, dal Contratto di Appalto, dal Capitolato, dal D. Lgs. 81/08 e s.m.i. (in particolare per quanto riguarda l'attuazione in cantiere di quanto stabilito nell'Istruzione per la Protezione dei Cantieri, nel Piano di Sicurezza e Coordinamento/Fascicolo dell'Opera di Progetto Esecutivo e il complesso degli articoli di cui al Titolo IV del decreto stesso) e da tutte le norme vigenti in materia

di sicurezza e igiene sul lavoro, comprese le disposizioni regionali.

L'ESECUTORE è tenuto a prevedere, nel contratto con altre imprese esecutrici, lavoratori autonomi ed altri soggetti terzi coinvolti a vario titolo nella esecuzione dei lavori, cosiddetti "soggetti esecutori" (contratti quali subappalto, fornitura in opera, noli a caldo, ecc.), l'obbligo da parte di questi di osservare le suddette disposizioni.

Per i lavori da eseguire in presenza dell'esercizio ferroviario, l'ESECUTORE deve inoltre attenersi scrupolosamente, oltre che a quanto prescritto dal Contratto, agli elaborati progettuali e alle specifiche/procedure ferroviarie.

BONIFICA ORDIGNI BELLCI

2.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Con la dicitura "Bonifica da Ordigni Bellici " si intendono tutte le attività finalizzate alla ricerca, disinnescamento e/o rimozione di ordigni bellici di qualsiasi natura dalle aree interessate dai lavori di costruzione oggetto del presente Capitolato.

Per ordigni bellici, indipendentemente dalla terminologia utilizzata nel seguito e in ogni altro documento contrattuale o progettuale, si intendono: mine, bombe, proiettili, ordigni bellici, masse ferrose e residui esplosivi bellici di qualsiasi natura.

I lavori di bonifica dovranno essere eseguiti nel rispetto delle leggi dello Stato e dei regolamenti militari vigenti, e di quanto prescritto dal presente Capitolato. In caso di conflitto, le prescrizioni e le disposizioni che l'Amministrazione Militare, competente per territorio, riterrà opportuno impartire circa l'esecuzione dei lavori di bonifica, potranno prevalere, con l'accordo della DL, su quelle del presente Capitolato.

2.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

2.2.1. NORMATIVA NAZIONALE

Si richiamano, a titolo non esaustivo, le principali normative relative all'argomento in oggetto:

- R.D. 18/06/31 n° 773 T.U. leggi Pubblica Sicurezza Artt.46 e 52 e s.m.i.;
- R.D. 06/05/40 n° 635 Approvazione del regolamento per l'esecuzione del testo unico del 18/06/31 n° 773, delle leggi di pubblica sicurezza e s.m.i.;
- D.L.L. 12/04/46, n. 320 e s.m.i. - Bonifica dei campi minati
- D.Lgs.09/04/2008 n. 81 e s.m.i. – Testo Unico Sicurezza;
- D. Lgs.15/03/2010 n. 66 e s.m.i. - Codice dell'ordinamento militare;
- D. Lgs. 24/02/2012 n 20– Nuovo codice ordinamento militare;
- Legge 01/10/2012 n. 177;
- Circolare del Ministero della Difesa, Prot.M_D/GGEN/E5/20877/21/104/10 in data 07/12/2010;
- Circolare del Ministero degli Interni 300/46 del 24/11/52.
- D.I. 11 maggio 2015, n.82 – Regolamento per la definizione dei criteri per l'accertamento dell'idoneità delle imprese ai fini dell'iscrizione all'albo delle imprese specializzate in bonifiche da ordigni esplosivi residui bellici.

2.2.2. DOCUMENTAZIONE TECNICA DI RIFERIMENTO

- Disciplinare tecnico per l'esecuzione del servizio di Bonifica Bellica Sistemica Terrestre – Ministero della Difesa – ed. 2015;
- Direttiva n.001/B.TER./2015 Bonifica bellica sistemica terrestre – Ministero della Difesa– ed. 2015

2.3. DEFINIZIONI

Per i termini tecnici, utilizzati nella presente specifica, si riportano di seguito le relative definizioni:

DIRETTORE DEI LAVORI: soggetto che ha la responsabilità del coordinamento e della supervisione dell'attività di tutto l'ufficio di direzione dei lavori, ed interloquisce in via esclusiva con l'esecutore in merito agli aspetti tecnici ed economici del contratto. Cura che i lavori siano eseguiti a regola d'arte ed in conformità al progetto e al contratto.

DIREZIONE LAVORI: ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali;

DITTA INCARICATA: Impresa specializzata nel settore della Bonifica Bellica ai sensi dell'art.1, comma 4- bis della Legge 177/2012.

DIRIGENTE TECNICO B.C.M., ASSISTENTE TECNICO B.C.M., RASTRELLATORE B.C.M., OPERAI QUALIFICATI PER IL SERVIZIO B.C.M.: Tecnici e maestranze impiegate dall'impresa esecutrice dei lavori di bonifica dotati di appositi brevetti con relativa scadenza, come prescritto del D.l. 11 maggio 2015, n.82 e dalla normativa vigente.

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale)

FERROVIE: FERROVIENORD S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di FERROVIENORD S.p.A. (es. Direzione Lavori, Alta Sorveglianza, ecc.).

LAVORI DI BONIFICA: si intende l'insieme di tutte le azioni da intraprendere per l'eliminazione, mediante asportazione ed allontanamento, oppure la neutralizzazione, mediante brillamento, di tutti gli ordigni bellici dalla zona di bonifica.

ORDIGNI BELLICI: si intendono, salvo eccezioni esplicitamente indicate, tutti gli ordigni esplosivi e residuati bellici quali, ad es., mine, bombe, proiettili, ecc., nonché masse ferrose e altri residuati bellici di qualsiasi natura.

ZONA DI BONIFICA: si definisce la porzione di territorio topografico in cui sia accertata o presunta la presenza di ordigni bellici e la cui estensione sia planimetrica che nel sottosuolo è definita in accordo con le competenti Autorità Militari.

2.4. ABBREVIAZIONI

B.C.M.: Bonifica campi minati;

B.O.B.: Bonifica ordigni bellici

CEL: coordinatore in materia di sicurezza e di salute durante la realizzazione dell'opera ai sensi del D.Lgs. n.81/2008 (Coordinatore per l'esecuzione dei lavori);

DL: Direttore Lavori/Direzione Lavori;

FN: FERROVIENORD S.p.A.

2.5. PRESCRIZIONI GENERALI

2.5.1. ONERI GENERALI

La "Bonifica da Ordigni Bellici", ove prevista, è da intendersi tassativamente propedeutica a qualsiasi altra attività lavorativa e deve essere svolta sulla base di un parere vincolante dell'Autorità Militare competente per territorio in merito alle specifiche regole tecniche da osservare in considerazione della collocazione geografica e della tipologia dei terreni interessati, nonché mediante misure di sorveglianza dei competenti organismi del Ministero della difesa, del Ministero del lavoro e delle politiche sociali e del Ministero della salute.

Prima dell'inizio dei lavori di bonifica l'ESECUTORE, per il tramite della DL, dovrà presentare istanza per il rilascio del Parere vincolante e le annesse Prescrizioni Tecniche al Reparto Infrastrutture territorialmente competente. L'istanza di bonifica bellica dovrà essere redatta come indicato nella Direttiva n.001/B.TER./2015 "Bonifica bellica sistematica terrestre".

A valle della presentazione di istanza, il parere vincolante e le annesse prescrizioni tecniche dovranno essere restituite dall'ESECUTORE, sempre per tramite della DL, al Reparto Infrastrutture tramite PEC o posta raccomandata, firmate per accettazione e comprensive anche del progetto di bonifica bellica. Il progetto di bonifica bellica dovrà essere redatto come indicato nella Direttiva n.001/B.TER./2015 "Bonifica bellica sistematica terrestre".

Le attività di ricerca e scoprimento di ordigni esplosivi residuati bellici potranno avere inizio solo ad avventura approvazione del progetto di bonifica bellica, con conseguente rilascio, da parte del Reparto Infrastrutture, del Nulla Osta.

La direzione tecnica ed organizzativa del Servizio di Bonifica Bellica sarà affidata al Dirigente Tecnico della Ditta Incaricata, mentre la direzione operativa e la responsabilità della tenuta e compilazione dei relativi documenti di cantiere sarà di competenza dell'Assistente Tecnico, che dovrà assicurare la sua costante presenza durante le operazioni, come prescritto dal "Disciplinare tecnico per l'esecuzione del servizio di Bonifica Bellica Sistematica Terrestre". L'esecuzione pratica delle attività di ricerca, individuazione e scoprimento di ordigni esplosivi residuati bellici saranno opera del Rastrellatore.

L'ESECUTORE, nell'esecuzione dei lavori, dovrà attenersi alle disposizioni e precauzioni da osservare per assicurare la continuità e la sicurezza dell'esercizio ferroviario.

Giornalmente all'inizio dell'attività lavorativa, l'ESECUTORE consegnerà alle FERROVIE l'elenco nominativo, con qualifica, del personale effettivamente presente ed operante in cantiere.

Tutti i residuati bellici, di qualsiasi natura, rinvenuti appartengono e dovranno essere consegnati alla Amministrazione Militare.

Nel caso di lavori da eseguire su fondale marino, lacustre, alveo di fiume o comunque in presenza d'acqua, l'ESECUTORE, per mezzo della Ditta Incaricata, dovrà adeguare le attrezzature di ricerca e di servizio alla particolare tipologia dei luoghi.

Per tutti gli aspetti di dettaglio sulla gestione dell'attività dal punto di vista tecnico e del procedimento amministrativo non affrontati nella presente Sezione, si rimanda a quanto prescritto nei documenti, già più volte citati, indicati al §1.1.2 della presente Sezione (Disciplinare tecnico per l'esecuzione del servizio di Bonifica Bellica Sistematica e Direttiva n. 001/B.TER./2015 Bonifica bellica sistematica terrestre).

2.5.2. NORME DI SICUREZZA

La Bonifica Bellica deve essere eseguita ponendo in essere tutte le particolari precauzioni intese ad evitare danni alle persone ed alle cose, osservando a tale scopo le vigenti disposizioni in materia di

sicurezza nonché le norme tecniche riportate nel “Disciplinare tecnico per l’esecuzione del servizio di Bonifica Bellica Sistemica Terrestre”.

Le zone da bonificare dovranno essere opportunamente recintate e segnalate con appositi cartelli indicanti il pericolo; sarà cura dell'ESECUTORE richiedere l'intervento delle autorità preposte per i provvedimenti da adottare per la disciplina del transito nelle zone interessate dai lavori di bonifica. Inoltre, nell’ambito del cantiere dovrà essere operante un posto di primo soccorso attrezzato con presidi medici come da Allegati 1 e 2 del Decreto del 15 luglio 2003, n.388 (cassetta di pronto soccorso e pacchetto di medicazione). Dovrà, inoltre, essere data comunicazione all'Azienda Sanitaria Locale competente sul territorio in cui si svolge l'attività, per la predisposizione degli interventi di emergenza, assicurando altresì la disponibilità di un idoneo collegamento telefonico/radio con il più vicino ospedale (indicato dall’ASL).

Le fasi di lavoro da svolgere per effettuare la bonifica sono le seguenti:

- rimozione della vegetazione;
- esplorazione del terreno e scavo per l’individuazione degli ordigni bellici;
- eventuale rimozione degli ordigni, sostanze e materiali bellici;
- eventuale ritombamento al termine delle attività.

2.6. RIMOZIONE DELLA VEGETAZIONE

Tale attività deve essere eseguita in maniera preventiva, allo scopo di eliminare tutta la vegetazione presente sul terreno da bonificare che sia di intralcio ad un corretto impiego degli apparati di ricerca, e dovrà essere eseguita come indicato nel “Disciplinare tecnico per l’esecuzione del servizio di Bonifica Bellica Sistemica Terrestre”.

Il taglio della vegetazione dovrà essere eseguito da personale qualificato (Rastrellatori B.C.M.) sotto la supervisione di un Assistente Tecnico B.C.M., nel rispetto della costituzione della squadra tipo, prevedendo l’assistenza di tutte le figure previste dal D. Lgs. 81/2008 e s.m.i. per garantire la sicurezza (addetti al primo soccorso, emergenze, etc.).

Nel tagliare la vegetazione dovranno essere poste in essere tutte le possibili cautele atte a evitare il fortuito contatto – sia del personale che dei mezzi di lavoro – con eventuali ordigni affioranti. Nel caso di terreni che si possano ritenere infestati da ordigni particolarmente pericolosi (mine anti uomo, bombe a mano inesplose, ecc.), il taglio della vegetazione deve procedere di pari passo con la bonifica superficiale.

Durante le operazioni di taglio – nel rispetto delle vigenti disposizioni emanate dall’Autorità Forestale – dovranno essere salvaguardate le piante ad alto fusto e le matricine esistenti.

2.7. ESPLORAZIONE DEL TERRENO E SCAVO PER L’INDIVIDUAZIONE DEGLI ORDIGNI BELLCI

Gli scavi necessari allo scoprimento degli eventuali ordigni bellici individuati dovranno essere effettuati con sistemi e mezzi che non pregiudichino l’incolumità delle maestranze, dei mezzi e delle attrezzature nonché di eventuali manufatti presenti nell’area di cantiere o nelle immediate adiacenze e condotti in modo da raggiungere le profondità necessarie per la identificazione degli ordigni bellici. In particolare, si procederà:

- rimuovendo dallo scavo ogni materiale, compreso ceppi, radici, massi, murature e oggetti di varia natura, per verificare la presenza al di sotto degli stessi di eventuali ordigni;
- dando alle pareti degli scavi l’inclinazione necessaria per impedire scoscendimenti o franamenti e per consentire il lavoro del Rastrellatore e l’efficace impiego degli apparati di ricerca;
- aggettando, eventualmente, l’acqua che si infiltrasse negli scavi; armando, all’occorrenza, le

pareti degli scavi.

La bonifica bellica superficiale consiste nelle attività di ricerca, localizzazione e scorporamento di tutti gli ordigni, mine e residuati bellici di ogni genere e tipo nonché di tutte le masse metalliche presenti nel terreno fino a cm. 100 di profondità dal piano campagna e nella loro successiva eliminazione, secondo le previste procedure.

La bonifica bellica di profondità viene svolta per ricercare, individuare e localizzare ordigni o masse ferrose interrati a profondità superiore a cm. 100 dal piano campagna originario. Essa deve essere sempre preceduta dalla bonifica superficiale.

Tali attività di bonifica verranno eseguite secondo quanto prescritto nel “Disciplinare tecnico per l’esecuzione del servizio di Bonifica Bellica Sistemica Terrestre”.

Gli scavi finalizzati al recupero delle masse ferrose individuate con le fasi di ricerca superficiale dovranno essere effettuati esclusivamente a mano con precauzione ed attrezzature adeguate alla particolarità ed ai rischi della operazione. Gli scavi a mano a profondità superiore a cm. 100 dal piano campagna si potranno effettuare laddove per problemi operativi o mancanza di sufficiente spazio, non sia possibile l’uso di mezzi meccanici.

Nello scavo a mano occorre sempre procedere a strati successivi di spessore non superiore a 30 cm. procedendo alla verifica del fondo scavo prima di passare allo strato successivo.

Gli scavi con mezzi meccanici sono da effettuarsi, a profondità superiore a cm. 100, in terreni di qualsiasi genere, natura e consistenza, e sono eseguiti mediante impiego di idonei mezzi meccanici dotati di opportuni sistemi di protezione e muniti di benna liscia, che devono procedere a strati successivi, di spessore non superiore all’accertata capacità di rilevazione degli apparati di ricerca e previa verifica del terreno da escavare. Inoltre, si precisa che tale modalità operativa si applica quando si è in prossimità di una interferenza ferromagnetica tale da fare presumere la presenza di un ordigno bellico a distanza pari a circa un metro.

Tutte le aree scavate, al termine della bonifica, dovranno essere convenientemente rinterrate dall’ESECUTORE, per ripristinare il preesistente stato dei luoghi.

2.8. EVENTUALE RIMOZIONE DEGLI ORDIGNI, SOSTANZE E MATERIALI BELLICI

In tutti i casi di rinvenimento di ordigni bellici, come da “Disciplinare tecnico per l’esecuzione del servizio di Bonifica Bellica Sistemica Terrestre”, la Ditta Incaricata ha l’obbligo di:

- sospendere immediatamente le attività di ricerca;
- denunciare il rinvenimento dell’ordigno bellico presso la stazione dei Carabinieri territorialmente competente, preventivamente informata dello svolgimento delle attività di bonifica bellica, e contestualmente darne comunicazione a FERROVIE, per il tramite della DL;
- porre in atto idonea segnaletica di pericolo intorno all’ordigno bellico;
- porre in essere tutti gli accorgimenti ritenuti necessari, da valutare di volta in volta in funzione dei luoghi e della tipologia dell’ordigno, per evitare che estranei possano avvicinarsi all’ordigno ed allo scavo effettuato;
- non riprendere le attività di bonifica prima dell’intervento di personale specializzato dell’Amministrazione Militare preposto alla successiva neutralizzazione dell’ordigno e che provvederà eventualmente ad emanare il parere di competenza, i vincoli e le limitazioni del caso.

2.9. EVENTUALE RITOMBAMENTO AL TERMINE DELLE ATTIVITA'

Le zone di bonifica saranno oggetto di pulizia e saranno ripristinate al termine delle operazioni mediante l'eventuale ritombamento del materiale precedentemente rimosso, nel rispetto sia della vigente normativa in materia, sia del capitolato relativo alla "Gestione delle terre e rocce da scavo".

2.10. COLLAUDO

Al termine del servizio di Bonifica Bellica, l'ESECUTORE trasmetterà al Reparto Infrastrutture, per il tramite del DL, l'attestato di Bonifica Bellica secondo le indicazioni riportate nella Direttiva n. 001/B.TER./2015 "Bonifica bellica sistematica terrestre".

I lavori si considerano finiti, e quindi l'area può intendersi bonificata, solo a seguito del rilascio del Verbale di Constatazione da parte del Reparto Infrastrutture. Pertanto, qualsiasi documento attestante l'avvenuta Bonifica Bellica delle aree, anche se rilasciato dalla Ditta Incaricata, se non vistato dall'Ufficio B.C.M. del Reparto Infrastrutture e corredato da specifico Verbale di Constatazione è nullo ai fini della liberalizzazione delle aree sotto il profilo bellico.

DEMOLIZIONI

4.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Tecnico delle Opere Civili e fa riferimento a tutte le demolizioni parziali o totali di opere civili, anche interrato, che si rendessero necessarie nel corso dell'esecuzione dei lavori qualunque siano il mezzo e la modalità utilizzati per eseguirle comprendendo anche le demolizioni di parti o strutture di acciaio o materialisimili.

4.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

4.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- Legge 27/03/1992, n. 257 "Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto" e relativa Circolare 17/02/1993, n. 124976 del Ministero dell'Industria del Commercio e dell'Artigianato: "Modello unificato dello schema di relazione di cui all'art. 9, commi 1 e 3, della legge 27 marzo 1992, n. 257, concernente le imprese che utilizzano amianto nei processi produttivi o che svolgono attività di smaltimento o di bonifica dell'amianto"
- Decreto Ministeriale Sanità 06/09/1994 "Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto" e relativa Circolare Ministero Sanità 12/04/1995, n. 7 "Circolare esplicativa del decreto ministeriale 06/09/1994"
- Decreto Ministeriale Sanità 14/05/1996 "Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art. 5, comma 1, lettera f), della legge 27 marzo 1992, n. 257, recante "Norme relative alla cessazione dell'impiegodell'amianto"
- D.lgs. 03 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale"
- D.lgs. 09 aprile 2008, n. 81 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro" e s.m.i.

4.3 DEFINIZIONI

Contratto: contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l'acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l'esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla stazione appaltante;

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale);

FERROVIE: FERROVIENORD S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di FERROVIENORD S.p.A. (Direzione lavori, Alta sorveglianza);

Prova: forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni delle FERROVIE.

4.4 ABBREVIAZIONI

CE: Comunità Europea

CNR: Centro Nazionale delle Ricerche DPI:

Dispositivi di protezione individuale DPR:

Decreto Presidente della Repubblica

DUVRI: Documento unico valutazione dei rischi da interferenze

EN: Euro Norma

IEC: International Electro Technical Commission

ISO: International Organization for Standardization

POS: Piano operativo di sicurezza

PSC: Piano di sicurezza e coordinamento

SIGS: Sistema Integrato Gestione della Sicurezza

UNI: Ente Nazionale Italiano di Unificazione

4.5 ONERIE PRESCRIZIONI GENERALI

Per l'effettuazione dei lavori, l'ESECUTORE dovrà adottare tutti gli accorgimenti e le cautele atte a garantire la sicurezza, con particolare riferimento all'incolumità del personale addetto ai lavori. A tal fine dovrà osservare e far osservare scrupolosamente tutte le prescrizioni delle leggi vigenti.

Le attività di demolizione devono essere eseguite nel rispetto del Piano Operativo di Sicurezza (POS) dell'ESECUTORE, coordinato con il Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC).

Quando tale attività non rientra tra quelle previste, potrà essere eseguita, sempre nel rispetto del PSC, solo dopo che questo sia stato opportunamente aggiornato.

Prima dell'inizio dei lavori l'ESECUTORE è tenuto a redigere ed a trasmettere per approvazione alle FERROVIE una relazione tecnica che riporti:

- Data e luogo della demolizione;
- Oggetto della demolizione;
- Mezzi e attrezzature principali da impiegare;
- Modalità di demolizione;
- Tempistica d'intervento;
- Allontanamento o reimpiego del materiale demolito.

Nel caso d'impiego di esplosivi, sono a carico dell'ESECUTORE gli oneri connessi con la richiesta e l'ottenimento di tutti i permessi necessari da parte delle competenti Autorità, la fornitura di tutti i materiali necessari e il loro trasporto, stoccaggio e impiego in linea con le misure di sicurezza fissate dalla legge.

Sempre nel caso di impiego di esplosivi, o comunque per attività che richiedono particolari qualifiche, l'ESECUTORE è tenuto ad utilizzare personale in possesso dei titoli di qualifica previsti dalla legge, documentandolo opportunamente.

Le operazioni di rimozione e smaltimento di materiali contenenti amianto (MCA) dovranno essere

condotte secondo quanto previsto dalla vigente normativa in materia di Ambiente e Sicurezza e, in particolare, secondo quanto previsto al titolo IX capo III del D.lgs. 81/2008 e s.m.i. Le attività dovranno essere condotte da impresa specializzata iscritta alla categoria 10 dell'Albo Nazionale Gestori Ambientali, istituito ai sensi del D.lgs. 152/2006 e dovranno essere applicate le disposizioni e apprestamenti prescritti nei Piani di Lavoro e dalle ASL competenti.

Sono a carico dell'ESECUTORE le operazioni connesse all'eventuale interruzione e ripristino di servizi elettrici e telefonici, reti di distribuzione acqua, gas, reti e canalette di drenaggio, ecc.

L'ESECUTORE è tenuto al recupero con ordine e alla eventuale pulizia di tutti i materiali dei quali, secondo le indicazioni del progetto, si prevede il riutilizzo. Tali materiali devono essere trasportati ed immagazzinati o accatastati nei luoghi previsti dal progetto o, quando non previsti, in aree rese disponibili dall'ESECUTORE, con le modalità concordate con le FERROVIE.

E' a carico dell'ESECUTORE il carico, il trasporto, lo scarico e la sistemazione differenziata in linea con la normativa vigente di tutto il materiale di rifiuto. Gli impianti di smaltimento o di recupero, se non già individuati dal progetto, devono essere proposti dall'ESECUTORE e approvati dalle FERROVIE. All'ESECUTORE in questo caso spetta anche l'ottenimento di tutti i permessi necessari.

Tra gli oneri dell'ESECUTORE rientra anche, salvo diverse prescrizioni di progetto, la pulizia delle aree sulle quali sono eseguite le opere di demolizione nonché il riempimento di eventuali scavi fino ad ottenere un piano di lavoro adeguato allo svolgimento delle successive operazioni previste dal progetto. Tutte queste operazioni, ed in particolare gli eventuali rinterrati, devono essere eseguite in linea con le prescrizioni delle pertinenti sezioni del capitolato.

Eventuali danni a terzi causati dalle operazioni di demolizione sono a carico dell'ESECUTORE.

Nel corso dei lavori deve, quindi, essere garantita la protezione delle installazioni circostanti. Spetta all'ESECUTORE la ricostruzione delle opere eventualmente danneggiate durante i lavori di demolizione, fino a riportarle nello stato in cui si trovavano prima dei lavori stessi, secondo quanto concordato nei Testimoniali di Stato.

L'ESECUTORE è, inoltre, tenuto a realizzare le opere provvisorie e/o a definire le modalità operative finalizzate ad evitare la formazione e la propagazione della polvere eventualmente utilizzando anche convogliatori a terra (è vietato il getto dall'alto dei materiali di risulta).

L'ESECUTORE dovrà anche realizzare la recinzione provvisoria, apporre la necessaria segnaletica diurna e notturna e garantire la necessaria illuminazione nei luoghi soggetti alle demolizioni.

Tagli eventuali con fiamma ossidrica o con attrezzature elettromeccaniche e/o manuali rientrano nello scopo del lavoro dell'ESECUTORE.

In fase di demolizione si dovrà assolutamente evitare l'accumulo di materiali di risulta sulle strutture da demolire o sulle opere provvisorie in misura tale che si verifichino sovraccarichi o spinte pericolose.

Dove necessario la predisposizione di adeguati consolidamenti del terreno circostante, prima di ogni rimozione di elementi strutturali, secondo le procedure descritte nella Sezione 10 "Opere di miglioramento, rinforzo e stabilizzazione" del presente Capitolato, è a carico dell'ESECUTORE come anche il riempimento degli scavi residui secondo modalità concordate con le FERROVIE.

4.6 CONTROLLI

4.6.1 CONTROLLI PRELIMINARI

L'ESECUTORE dovrà predisporre la documentazione indicata di cui al paragrafo 4.5.

In particolare, prima dell'inizio delle attività, l'ESECUTORE dovrà eseguire le verifiche previste su tutte le attrezzature di protezione, segnalazione e sicurezza previste, nonché sulle predisposizioni necessarie a garantire la salvaguardia dei manufatti circostanti l'opera da demolire e sulle opere provvisoriale finalizzate ad evitare lo spandimento delle polveri.

4.6.2 CONTROLLI FINALI

A demolizione avvenuta devono essere verificati:

- la corretta ed efficace effettuazione della demolizione prevista;
- nel caso di impiego di esplosivi, il regolare brillamento di tutte le cariche predisposte;
- gli eventuali danni alle opere esistenti da salvaguardare;
- la qualifica dei mezzi adibiti al trasporto dei detriti e, se previsto il conferimento ad impianto di smaltimento/recupero, verificando che esso abbia le necessarie qualificazioni richieste dalla legge, in funzione del materiale conferito;
- la pulizia dell'area e le condizioni della superficie finita dell'area secondo quanto richiesto al paragrafo 4.5.

4.6.3 CONTROLLI RELATIVI A DANNI E RIPRISTINI

Nel caso l'ESECUTORE accerti danni a manufatti esistenti egli dovrà procedere come segue:

- dovrà emettere una relazione tecnica da trasmettere alle FERROVIE, nella quale si descrivano i danni riscontrati, si illustrino i provvedimenti provvisori e di ripristino che si prevede di effettuare sull'opera danneggiata.
- Dovrà procedere alla verifica dei danni contestualmente alle FERROVIE, se da queste richiesto.

A valle del ricevimento della relazione e dell'eventuale verifica congiunta, le FERROVIE potranno formulare eventuali commenti alle operazioni di ripristino previste.

Sulla base di questa relazione, a valle degli eventuali commenti delle FERROVIE, l'ESECUTORE dovrà emettere un piano di controlli relativo alle verifiche e collaudi correlati all'intervento sul manufatto danneggiato. Saranno adottate, a tale fine, procedure e specifiche relative ai tipi di lavorazioni o realizzazioni d'opera implicate nello svolgimento dell'intervento.

Tale Piano di Controlli. sarà trasmesso alle FERROVIE per approvazione.

Successivamente alla suddetta approvazione, l'ESECUTORE procederà, in concomitanza alle fasi relative, alle verifiche previste dal Piano di Controlli approvato.

Tutta la suddetta documentazione costituirà il dossier del restauro dell'opera danneggiata.

OPERE IN TERRA E SCAVI

5.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Tecnico delle Opere Civili.

5.1.1 SCOPO

Lo scopo della presente sezione del Capitolato è quello di definire le prescrizioni e i requisiti richiesti per l'esecuzione degli scavi e delle opere in terra quali rinterrati, rilevati, trincee e delle altre categorie di lavoro definite nel seguito.

Si precisa che, nel rispetto dei principi generali di tutela ambientale, la gestione dei materiali di risulta e dei materiali da utilizzare per l'esecuzione delle lavorazioni oggetto del presente Capitolato potrà essere assoggettata ai disposti normativi per la gestione degli stessi in qualità di rifiuti o in esclusione dal regime dei rifiuti, per i quali si rimanda ai documenti specialistici di riferimento (progetto e documenti contrattuali) nonché a quanto disciplinato dalla normativa ambientale vigente (D.Lgs. 152/06 e s.m.i., D.P.R. 13 giugno 2017, n.120, D.M. 05/02/98 e s.m.i., D.M. 27/09/2010 aggiornato con il D.M. 24/06/2015, etc.).

5.1.2 CAMPO D'APPLICAZIONE

Le prescrizioni del presente Capitolato si applicano alle categorie di lavoro di seguito elencate:

- Diserbamento e scoticamento
- Scavi
- Rinterrati
- Rilevati
- Trincee
- Dune, colline artificiali, ritombamenti

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

5.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

5.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- D.Lgs. 03 aprile 2006 n° 152 "Norme in materia ambientale"
- DM Ambiente 5 aprile 2006, n. 186 decreto di modifica del Decreto Ministeriale 5.2.98. "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5.2.97, n. 22"
- D.M Infrastrutture 17 gennaio 2018 "AGGIORNAMENTO NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI";
- Circolare 02 febbraio 2009 n° 617/ C.S.LL.PP per quanto non in contrasto con il D.M. 17 gennaio 2018;
- Decreto Ministeriale 27 settembre 2010 "Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica, in sostituzione di quelli contenuti nel decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio 3 agosto 2005" e aggiornamento D.M. 24/06/2015 e s.m.i.

- D.P.R. 13 giugno 2017, n.120 “Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164”
- Legge del 9 agosto 2013, n. 98 - “Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto Legge 21 giugno 2013, n. 69, recante disposizioni urgenti per il rilancio dell’economia”

5.2.2 NORMATIVA TECNICA

- CNR BU n°29 “Norme sui misti cementati”
- CNR BU n.110/85 Norme sui geotessili: determinazione della massa per unità di superficie di un geotessile
- CNR BU n. 142/92 Norme sui geotessili: prova di trazione sui geotessili non tessuti
- CNR BU n. 143/92 Norme sui geotessili: determinazione della resistenza alla lacerazione
- CNR BU n° 146 “Determinazione del modulo Md e Md1 mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare”
- UNI 8279-13: 1985 “Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione del coefficiente di permeabilità radiale all’acqua”.
- UNI 8279-14: 1985 “Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione della resistenza al punzonamento e della deformazione a rottura (metodo della penetrazione)”
- UNI 11531-1: 2014 – Criteri per l’impiego dei materiali – Parte 1 – Terre e miscele di aggregati non legati
- UNI EN 933-8: 2015 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati – Parte 8: Valutazione dei fini - Prova dell’equivalente in sabbia”
- UNI EN 933-9: 2013 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 9: Valutazione dei fini - Prova del blu di metilene”
- UNI EN 1097-2: 2010 “Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 2: Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione”
- UNIEN 12224: 2001 “Geotessili e prodotti affini - Determinazione della resistenza agli agenti atmosferici”
- UNIEN 12225: 2001 “Geotessili e prodotti affini - Metodo per la determinazione della resistenza microbiologica mediante prova di interrimento”
- UNI EN 13242:2008 “Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l’impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade”
- UNI EN 13250: 2016 “Geotessili e prodotti affini - Caratteristiche richieste per l’impiego nella costruzione di ferrovie”
- UNI EN 13286-2: 2010 “Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 2: Metodi di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Costipamento Proctor”
- UNI EN 13286-47: 2012 Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 47: Metodo di prova per la determinazione dell’indice di portanza CBR, dell’indice di portanza immediata e del rigonfiamento”
- UNI EN ISO 9863-1: 2016 “Geosintetici - Determinazione dello spessore a pressioni specificate - Parte 1: Strati singoli”
- UNI EN ISO 9864: 2005 “Geosintetici - Determinazione della massa areica di geotessili e prodotti affini”
- UNI EN ISO 10319: 2015 “Geosintetici - Prova di trazione a banda larga”
- UNI EN ISO 10320:2002 “Geotessili e prodotti affini - Identificazione in sito”
- UNI EN ISO 12236: 2006 “Geosintetici - Prova di punzonamento statico (metodo CBR)”
- UNI EN ISO 12956: 2010 “Geotessili e prodotti affini - Determinazione della dimensione di

apertura (opening size) caratteristica”

- UNI EN ISO 13433: 2006 “Geosintetici - Prova di punzonamento dinamico (prova di caduta del cono)”

5.3 DEFINIZIONI

- Contratto: contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l'acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l'esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla stazione appaltante;
- Direzione lavori: ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali;
- Direttore dei lavori: soggetto che ha la responsabilità del coordinamento e della supervisione dell'attività di tutto l'ufficio di direzione dei lavori, ed interloquisce in via esclusiva con l'esecutore in merito agli aspetti tecnici ed economici del contratto. Cura che i lavori siano eseguiti a regola d'arte ed in conformità al progetto e al contratto.
- ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale)
- FERROVIE: FERROVIENORD S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di FERROVIENORD S.p.A. (Direzione Lavori, Alta sorveglianza)
- Prova: forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni delle FERROVIE.

5.4 ABBREVIAZIONI

EN: Euronorma

UNI: Unificazione Nazionale Italiana

ISO: International Organization for Standardization IEC: International

Electrotechnical Commission SISTRI: SISTema Tracciabilità Rifiuti

DL: Direzione Lavori

CER: Codice Europeo dei Rifiuti

5.5 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

Le terre da utilizzare per l'esecuzione delle opere in terra di seguito descritte, per essere ritenute idonee e quindi impiegabili, dovranno soddisfare i requisiti di idoneità e i criteri di classificazione delle terre indicati nella norma UNI 11531-1/2014.

Per le terre da trattare con calce dovranno essere applicate le prescrizioni riportate nella Sezione 18 del Capitolato.

5.5.1 DISERBAMENTO E SCOTICAMENTO

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

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

Nell'esecuzione dei lavori l'ESECUTORE dovrà attenersi a quanto segue:

- a) il diserbamento e lo scoticamento del terreno dovranno sempre essere eseguiti prima di effettuare qualsiasi lavoro di scavo o formazione di rilevato secondo piani regolari individuati da livellette longitudinali come riportato nel progetto costruttivo.
- b) Dovrà indicare i limiti dell'area di costruzione e, dove necessario, la DIREZIONE LAVORI indicherà tutti gli alberi, i cespugli, le piante ed altro che dovrà essere lasciato sul posto.

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

5.5.2SCAVI IN GENERE

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

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

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

Gli scavi possono essere:

- scavi di sbancamento: scavi interessanti superfici di dimensioni tali da consentire al mezzo di trasporto di raggiungere il fronte o il fondo di scavo;
- scavi di fondazione: scavi per i quali il fronte o il fondo di scavo è inaccessibile al mezzo di trasporto;
- scavi a sezione obbligata e/o ristretta: scavi continui (correnti o limitati) di sezione trasversale ristretta, da eseguirsi dal piano di campagna.

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

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

- a) Rifinire il fondo e le pareti dello scavo non provvisoriale secondo quote e pendenze di progetto. L'Esecutore avrà cura che il fondo dello scavo sia compattato secondo le indicazioni del progetto.
- b) Segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi, per eventuale ispezione da parte della DIREZIONE LAVORI, ove previsto dal Piano dei Controlli, prima di procedere a fasi di lavoro successive.

Nel caso in cui questa prassi non venisse rispettata, la DIREZIONE LAVORI potrà richiedere all'ESECUTORE di rimettere a nudo le parti occultate senza che questi abbia diritto al riconoscimento di alcun maggior onere.

- c) Provvedere alla demolizione e/o rimozione dei trovanti di qualsiasi natura e dimensione provvedendo altresì alla frantumazione dei materiali non trasportabili e/o non riutilizzabili.
- d) Eseguire, ove previsto dai documenti di progetto e/o richiesto dalla DIREZIONE LAVORI, scavi campione con prelievo di saggi e/o prove in sito ed analisi di laboratorio.
- e) Recintare e apporre sistemi di segnaletica diurna e notturna alle aree di scavo.
- f) Provvedere, con qualsiasi sistema (paratie, palancole, sbatracchiature, puntellamenti, armature a cassa chiusa, etc.), al contenimento delle pareti degli scavi in accordo a quanto prescritto dai documenti di progetto, nel rispetto del piano di sicurezza ed in conformità alle

norme di sicurezza.

- g) Adottare tutte le cautele necessarie (indagini preliminari, sondaggi, scavi campioni, etc.) per evitare il danneggiamento di manufatti e reti interrate di qualsiasi natura, inclusi, ove necessario la temporanea deviazione ed il tempestivo ripristino delle opere danneggiate o temporaneamente deviate.
- h) Provvedere ad un adeguato drenaggio per evitare accumuli d'acqua nel fondo dello scavo, nonché ad aggettamento dell'acqua ove si rendesse necessario. L'ESECUTORE dovrà mantenere durante i lavori tutti i drenaggi funzionanti in modo da assicurare la fuoriuscita dell'acqua. I danni al lavoro, conseguenti a infiltrazioni d'acqua dovute alla mancata realizzazione di idonei drenaggi, dovranno essere immediatamente rimediati dall'ESECUTORE a sue spese.
- i) Nel caso di impiego di esplosivi, saranno a carico dell'ESECUTORE:
 - Il rispetto delle leggi e normative vigenti, la richiesta e l'ottenimento dei permessi delle competenti Autorità.
 - Polvere, micce, detonatori e tutto il materiale protettivo occorrente per il brillamento delle mine, compresa l'esecuzione di fori, fornelli, etc.
 - Mezzi, materiali e personale qualificato occorrente, per l'esecuzione dei lavori nel rispetto delle norme di sicurezza.
 - Il Coordinamento nei tempi di esecuzione, in accordo al programma di costruzione e nel rispetto dei vincoli e delle soggezioni derivanti dalle altre attività in corso e dalle situazioni locali.

5.5.3 RINTERRI

Per rinterri si intendono:

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

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

- a) La sostituzione del terreno dovrà essere eseguita quando prevista dal progetto, e ogni qualvolta nel corso dei lavori si dovessero trovare delle zone di terreno non idoneo (per es. un terreno altamente compressibile, non compattabile, dotato di scadenti caratteristiche meccaniche o contenente notevoli quantità di sostanze organiche) e/o comunque non conforme alle specifiche di progetto o a prescrizioni contrattuali.
- b) La sostituzione dovrà essere eseguita utilizzando i seguenti materiali; con riferimento alla classificazione delle terre di cui alla norma UNI 11531-1/2014:
 - A1, A2, A3 se provenienti da cave di prestito;
 - A1, A2, A3, A4 se provenienti dagli scavi.

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

Qualora sia previsto in progetto, a causa della non disponibilità dei suddetti materiali ad una distanza dal sito di realizzazione dell'opera economicamente conveniente, è consentito l'uso di terre stabilizzate a calce o calcestruzzo riciclato (definito nel paragrafo 5.5.4), secondo le modalità indicate nella Sezione 18 del Capitolato. È altresì possibile utilizzare il trattamento con

calce, qualora ritenuto economicamente conveniente, nel caso in cui le terre provenienti dagli scavi non raggiungano valori di portanza adeguati, come indicato al punto h) del paragrafo 5.5.4.1.

Dopo la compattazione, il valore della densità secca (AASHTO Modificata EN13286-2) dovrà essere almeno pari a quello previsto per le diverse tipologie di opere in terra, riportato nei paragrafi che seguono; il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a quello previsto per le diverse tipologie di opere in terra, riportato nei paragrafi che seguono; infine il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile, si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i).

- c) Nel caso in cui la bonifica di zone di terreno di cui al punto 5.5.3.b) debba essere eseguita in presenza d'acqua, l'ESECUTORE dovrà provvedere ai necessari emungimenti per mantenere costantemente asciutta la zona di scavo da bonificare fino ad ultimazione dell'attività stessa; per il rinterro dovrà essere utilizzato materiale selezionato appartenente esclusivamente ai gruppi A1, A2-4 ed A3 (di cui alla classificazione delle terre della norma UNI 11531-1/2014).

Qualora le caratteristiche del terreno richiedessero un trattamento profondo di miglioramento, un rinforzo o una stabilizzazione, questo dovrà essere eseguito secondo le prescrizioni di progetto o in accordo con le metodologie descritte con maggiori dettagli nella Sezione 10 del Capitolato "OPERE DI MIGLIORAMENTO, RINFORZO E STABILIZZAZIONE".

- d) Il rinterro degli scavi relativi a fondazioni e manufatti in calcestruzzo dovrà essere effettuato con materiale idoneo opportunamente compattato, secondo le prescrizioni del progetto.
- e) Il rinterro di scavi relativi a tubazioni interrato e cavi elettrici sarà effettuato con materiali sabbiosi (o comunque con materiali che durante l'operazione di rinterro non danneggino dette installazioni).
- f) La sistemazione delle aree superficiali dovrà essere effettuata con materiali idonei sia provenienti dagli scavi che di fornitura dell'ESECUTORE e dovrà essere effettuata con spandimento a strati procedendo alla regolarizzazione delle pendenze secondo le indicazioni del progetto.

5.5.4 RILEVATI

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

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

- a) piano di posa del rilevato: la superficie del terreno naturale dopo lo scotico o del terreno di riporto dopo l'eventuale bonifica del terreno naturale;

- b) primo strato di rilevato o strato anticapillare: primo strato di rilevato, al di sopra del piano di posa, con caratteristiche tali da impedire la risalita dell'acqua per capillarità;
- c) corpo del rilevato: opera in terra, costituita dalla sovrapposizione di strati di terre compattate, necessaria per l'appoggio della sovrastruttura ferroviaria o stradale posta a quota superiore a quella del piano di campagna;
- d) ultimo strato del rilevato o strato supercompattato: ultimo strato del rilevato caratterizzato da un elevato grado di costipamento, che costituisce il piano posa del sub-ballast;
- e) sub-ballast: strato posto al di sopra del supercompattato avente la funzione di impermeabilizzare gli strati sottostanti e diffondere i carichi ferroviari;
- f) piattaforma ferroviaria: piano superiore del rilevato su cui poggia la massicciata. Si definisce inoltre, come indicato nella Sezione 18 del

Capitolato:

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

aggregato riciclato – Aggregato risultante dalla lavorazione di materiale inorganico precedentemente utilizzato nelle costruzioni (UNI EN 13242-2008);

calcestruzzo riciclato - costituito prevalentemente da aggregati riciclati derivanti dal recupero di frammenti di conglomerati cementizi anche armati provenienti da demolizione di opere in c.a., dagli scarti dell'industria di prefabbricazione di manufatti in cemento anche armato, da traversine ferroviarie in c.a.v.p. ecc...

5.5.4.1 Rilevato ferroviario

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

- a) Prima della formazione del rilevato, il terreno al di sotto del piano di campagna andrà asportato per uno spessore minimo di 50 cm (scotico) e comunque per tutto lo strato di terreno vegetale. Successivamente dovrà essere preparato il piano di posa, alla quota prevista in progetto, secondo i requisiti previsti nel punto b) del presente paragrafo; se la quota di progetto è superiore a quella dello scotico, la stessa dovrà essere raggiunta con l'apporto di materiale selezionato, rispondente ai requisiti di cui al punto 5.5.3.b) (rinterri).
- b) Il piano di posa, che sia costituito dal terreno in sito o da materiale di rinterro, dovrà essere costipato mediante rullatura in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI-EN13286-2).

Il modulo di deformazione, misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 20MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i). Se il terreno in situ non ha caratteristiche adeguate ai requisiti richiesti, dovrà essere effettuata la bonifica, secondo quanto previsto al punto 5.5.3.b) (rinterri).

- c) Il primo strato di rilevato o strato anticapillare, posto al di sopra del piano di posa, dovrà avere uno spessore di 50 cm (materiale compattato) e dovrà essere costituito da pietrischetto con

dimensioni comprese tra 2 e 25 mm avente le seguenti caratteristiche granulometriche (UNI 11531-1/2014):

Tabella
5.5.1

Dimensione granuli	Passante
25 mm	100 %
2 mm	≤15%
0,063 mm	≤ 3 %

Equivalente in sabbia (SE)≥70%.

Resistenza alla frammentazione

LA≤40%.

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

Il materiale dovrà essere steso in strati non superiori a 50 cm (materiale sciolto) e costipato mediante rullatura. Il modulo di deformazione, misurato mediante prova di carico su piastra al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa – 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 20MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile, si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i).

Ove previsto dalle sezioni tipologiche tra il sottofondo e lo strato anticapillare sarà interposto un telo di geotessile non tessuto, in polipropilene e/o poliestere, non rigenerato, coesionato meccanicamente mediante agugliatura, esente da trattamenti chimici o termici, rispondente alla norma UNI EN 13250 e avente le caratteristiche minime riportate nella tabella 5.5.2.

Il geotessile dovrà essere marcato CE secondo la norma armonizzata UNI EN ISO 10320. Inoltre, il geotessile dovrà essere conforme alle UNI EN 12224 e 12225, relative rispettivamente ai metodi per la determinazione della resistenza microbiologica e agli agenti atmosferici.

I rotoli di geotessile dovranno essere opportunamente protetti durante il periodo di stoccaggio del materiale ed i tempi di copertura dopo la posa in opera dovranno essere inferiori a quelli indicati dal produttore; in caso di stoccaggio non conforme o di posa in opera successiva alla data indicata, l'Esecutore dovrà effettuare tutte le prove e i controlli atti a garantire i requisiti richiesti dal presente Capitolato. Il geotessile dovrà essere risvoltato per almeno 3 m da entrambi i lati sulla faccia superiore dello strato, qualora lo strato di rilevato che sormonta l'anticapillare abbia contenuto in fino (0.063 mm) minore del 35%. Se invece tale strato avesse contenuto in fino maggiore o uguale al 35%, il geotessile ricoprirà completamente l'anticapillare.

Si precisa inoltre che la prova di piastra andrà eseguita sul piano di posa del rilevato definito come estradosso del riempimento di spessore non inferiore a 50 cm (materiale compattato) realizzato al di sotto del piano campagna.

Tabella
5.5.2

CARATTERISTICHE	VALORI LIMITE	NORME DI RIF. UNI
Massa areica	$\geq 250 \text{ g/m}^2$	UNI EN ISO 9864
Spessore: a 2 KPa	$\geq 2 \text{ mm}$	UNI EN ISO 9863-1
Resistenza a trazione: valor medio valor minimo*	$\geq 18 \text{ kN/m}$ $\geq 16 \text{ kN/m}$	EN ISO 10319
Allungamento a rottura longitudinale e trasversale	50÷85 %	EN ISO 10319
Resistenza al punzonamento statico: valor medio valor minimo*	$\geq 2,6 \text{ kN}$ $\geq 2,2 \text{ kN}$	EN ISO 12236
Resistenza al punzonamento dinamico: diametro del foro	$\leq 10 \text{ mm}$	UNI EN ISO 13433
Permeabilità radiale: a 2 KPa a 200 KPa	$\geq 3 \times 10^{-1} \text{ cm/s}$ $\geq 3 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$	UNI EN ISO 8279/13
Apertura caratteristica O	90 μm	EN ISO 12956

*definito come valore limite inferiore con probabilità di superamento del 95%.

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

- d) Nella formazione del corpo del rilevato dovranno essere innanzitutto impiegate le terre provenienti da scavi di sbancamento, di fondazione o di galleria appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A2-6, A2-7, A3 e A4, di cui alla classificazione delle terre della norma UNI 11531-1/2014, e inoltre terre provenienti da cave di prestito, appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A2-6, A2-7, A3. Non dovranno essere impiegate terre del gruppo A3 con coefficiente di disuniformità minore o uguale a 7, inteso quale rapporto tra i passanti ai setacci 0,4 mm e 0,063 mm.

Qualora sia previsto in progetto a causa della non disponibilità dei suddetti materiali in un raggio economicamente conveniente è consentito l'uso di terre stabilizzate a calce o aggregati riciclati secondo le modalità indicate nella Sezione 18 del Capitolato. È altresì possibile utilizzare il trattamento con calce, qualora ritenuto economicamente conveniente, nel caso in cui le terre provenienti dagli scavi non raggiungano valori di portanza adeguati, come indicato al successivo punto h).

L'utilizzo di terre piroclastiche dovrà essere esplicitamente autorizzato dalla DIREZIONE LAVORI.

Lo spessore dello strato (materiale soffice/sciolto) deve essere adeguato ai mezzi di compattazione, in maniera da ottenere un'omogeneità di compattazione per tutta l'altezza dello strato finito. Qualora il materiale presenti un trattenuto al setaccio 31.5 mm maggiore del 35%, si dovrà adottare per la determinazione della densità in sito la norma UNI EN 13286-2.

- e) Per la formazione del corpo dei rilevati potranno essere impiegati frammenti rocciosi delle dimensioni non maggiori di 125 mm (UNI 11531-1/2014) così da poter formare strati dello spessore massimo di 50 cm. Da un punto di vista litologico è da escludere l'impiego di materiali provenienti da marne, argilliti, filladi e micascisti o da rocce soggette a fenomeni di alterazione.
- f) In ogni caso, sia che si tratti di terre, sia che si tratti di rocce frantumate, il grado di uniformità dei materiali utilizzati, definito come il rapporto tra il passante al setaccio D60 e il passante al setaccio D10 ($G.U. = D60 / D10$) dovrà essere ≥ 15 .
- g) Il materiale dovrà essere messo in opera con un contenuto d'acqua (UNI EN 13286-2) prossimo all'ottimale; qualora il contenuto d'acqua si discosti di $\pm 2\%$ dal valore ottimale, l'eventuale aggiunta di acqua avverrà mediante dispositivi spruzzatori e l'eventuale essiccamento avverrà per evaporazione, aerando il terreno mediante erpici, aratri a dischi o altri metodi meccanici adeguati alla tipologia del terreno ed allo spessore dello strato da aerare.
- h) Il materiale impiegato per la formazione del corpo del rilevato dovrà essere steso in strati di spessore non superiore a 50 cm (materiale sciolto) per le terre dei gruppi A1, A2-4 e non superiore a 30 cm (materiale sciolto) per il materiale dei gruppi A2-5, A2-6, A2-7, A3 ed A4.

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

Prima di porre in opera uno strato, il precedente dovrà essere costipato in modo da raggiungere in ogni punto un valore di densità secca almeno pari al 95% della densità massima ottenuta per quella terra con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). In relazione alla difficoltà di ottenere i prescritti valori minimi della densità AASHTO modificata e del modulo di deformazione come più avanti prescritto, l'ESECUTORE, prima di usare terre dei gruppi A2-5, A2-7 e A4, dovrà effettuare opportune prove (in situ e in laboratorio) che attestino la possibilità di raggiungere i prescritti parametri. Di tali prove dovrà essere informata la DIREZIONE LAVORI.

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

La densità AASHTO modificata sarà determinata secondo i metodi delle prove di cui alla norma UNI EN 13286-2 in relazione alla massima dimensione degli elementi.

- i) Per ciascuno strato del corpo del rilevato, il valore del modulo di deformazione mediante prova di carico su piastra, secondo CNR-BU n° 146, dovrà risultare non inferiore a 20 MPa per le zone di rilevato a distanza inferiore a 1 m dai bordi dello stesso e a 40 MPa per la restante zona centrale. Tali valori dei moduli andranno determinati al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa – 0.25 MPa; in entrambi i casi, il rapporto(K) tra i moduli del 1° e 2° ciclo non dovrà essere inferiore a 0.45. Nel caso in cui, nella verifica della compattazione mediante prova di carico su piastra (CNR-BU n° 146), il valore del rapporto tra i moduli del primo e del secondo ciclo di carico risultasse inferiore a 0.45, dovrà essere predisposto, prima di procedere ai lavori, un campo prova per definire sperimentalmente il valore massimo del K ottenibile per il tipo di materiale da utilizzare.

Nel corso di detta sperimentazione dovranno inoltre essere definiti:

- le caratteristiche dei rulli (tipo, peso);
- la loro velocità di avanzamento e, nel caso di rulli dinamici, la frequenza delle vibrazioni;
- il numero delle passate;
- lo spessore massimo di ciascuno strato.

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

Ogniqualvolta si utilizzi materiale diverso e/o i valori di K, comunque inferiori a 0.45, siano esterni al campo di accettabilità precedentemente determinato, dovrà essere predisposto un nuovo campo prova.

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

- l) La superficie superiore degli strati avrà una pendenza trasversale pari a circa il 3% e comunque tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche; dovrà essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi. Detta pendenza dovrà essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere, impiegando allo scopo le livellatrici e apposite squadre di operai.
- m) Le scarpate dei rilevati dovranno essere inerbite secondo le prescrizioni riportate nel par. 5.5.8.
- n) Le eventuali banche laterali antirifiuto dovranno essere realizzate con gli stessi materiali e le stesse modalità costruttive del corpo del rilevato.
- o) Nel caso di allargamento di un rilevato esistente, previa asportazione dello strato di terreno vegetale umifero, si dovrà ritagliare, con ogni cautela, a gradoni orizzontali la scarpa del corpo del rilevato su cui andrà addossato il nuovo materiale, avendo cura di procedere per fasi, facendo immediatamente seguire ad ogni gradonatura (dell'altezza massima di 50 cm) la stessa del relativo nuovo strato (tale da coprire la gradonatura stessa) ed il suo costipamento, in modo da assicurare comunque la viabilità del rilevato esistente.
- p) Nel caso di interruzione e/o sospensione delle lavorazioni sul corpo del rilevato e ogni volta che la stesa dello strato di terreno successivo venga effettuata oltre le 72 ore dalla compattazione dello strato sottostante, è necessario spargere, subito dopo la compattazione e per l'intera larghezza del rilevato, fitociti, antigerminali o anche taletissici. Prima della ripresa del lavoro, il rilevato già eseguito dovrà essere ripulito dalle erbe e dalla vegetazione in genere che eventualmente vi si fosse insediata, dovrà essere aerata, praticandovi, inoltre dei solchi per il collegamento dei nuovi materiali come quelli finora impiegati e dovranno essere ripetute le prove di controllo delle compattazioni.
- q) L'ultimo strato del rilevato o supercompattato dovrà essere realizzato come riportato al par. 5.5.7.1.
- r) Le operazioni di posa in opera e compattazione non dovranno essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stesso. Nel caso di ammaloramenti dovuti a tali cause, la parte deteriorata dovrà essere rimossa e ricostruita a cura e spesa dell'Esecutore.
- s) In base alle caratteristiche dei terreni di base dei rilevati vanno rispettati i programmi previsti in progetto per la costruzione dei rilevati stessi in modo che gli eventuali provvedimenti di bonifica o di acceleramento del consolidamento del terreno di posa, possano essere ultimati in tempo utile a garantire che gli assestamenti residui, a far data dal completamento del piano di posa del ballast (compreso l'eventuale strato di sub-ballast), siano non superiori al 10% dei cedimenti teorici e siano comunque inferiori a 5 cm.

5.5.4.2 Rilevato ferroviario a ridosso delle opere d'arte

5.5.4.2.1 Rilevato-viadotto

Qualora non diversamente previsto dal progetto, a ridosso delle spalle dei viadotti, per graduare con continuità la rigidità del sottofondo dal rilevato all'opera d'arte al di sotto del piano di piattaforma longitudinalmente all'asse della ferrovia, il rilevato dovrà essere costituito, a partire dalla spalla, come nel seguito indicato:

- gli strati di sub-ballast e supercompattato saranno continui fino al muro paraghiaia;
- la zona di rilevato che insiste sulla zattera di fondazione sarà costituita da misto cementato avente le caratteristiche indicate sotto;
- dalla proiezione del filo più interno della zattera, al livello dell'intradosso dello strato supercompattato, il misto cementato sarà proseguito per 1 m all'interno del rilevato e quindi degraderà a 45° per un'altezza di 3 m quando le spalle sono più alte di 4 m e fino alla quota di estradosso della fondazione della spalla quando la stessa è più bassa di 4 m;
- per le spalle più alte di 4 m, al di sotto del volume di misto cementato il rilevato sarà costituito da materiale del gruppo A1 fino all'estradosso dello strato anticapillare;
- successivamente per una lunghezza di 4 m al livello di intradosso del supercompattato e degradando all'interno del corpo del rilevato con pendenza 3/2 (3 orizzontale / 2 verticale) il rilevato sarà costituito da materiale del gruppo A1;
- oltre tale volume sarà previsto rilevato standard.

Il misto cementato sarà costituito da inerte calcareo di frantoio rispondente alle norme CNR BU N.29 con fuso di tipo A1 e cemento in ragione del 3% e 4% in massa dell'inerte secco. L'acqua di impasto sarà in ragione del 6% circa della massa secca dell'inerte. La resistenza a compressione con provini cilindrici compattati a 7 gg di stagionatura, come previsto dalla norma CNR citata dovrà essere compresa tra 3 e 7 MPa; per ottenere tali risultati potranno essere usati opportuni additivi. L'inerte da impiegare dovrà provenire da frantumazione di rocce calcaree con preferenza per i calcari teneri con esclusione dei misti calcarei di fiume. Il misto cementato dovrà essere costipato alla densità non inferiore al 95% di quella ottenuta in laboratorio, con le modalità previste al punto 2 della normativa CNR citata. La resistenza a trazione determinata con il metodo brasiliano non dovrà essere inferiore a 0.2 MPa su provini cilindrici stagionati a 7 giorni. Il misto dovrà essere confezionato in cantiere di betonaggio e trasportato sul posto con autobetoniere.

Il misto cementato dovrà essere posto in opera in strati di spessore finito di norma di 30 cm. La superficie superiore degli strati avrà una pendenza trasversale pari a circa il 3% e comunque tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche; dovrà essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi. Detta pendenza dovrà essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere, impiegando allo scopo le livellatrici e apposite squadre di operai.

Il materiale A1 deve essere steso per strati con le stesse modalità e requisiti degli strati di rilevato.

5.5.4.2.2 Rilevato-scatolare

Quando le strutture scatolari hanno copertura inferiore a 2.50 m (distanza piano ferro-estradosso soletta superiore) andranno trattate le zone di rilevato adiacenti alle strutture scatolari nel modo descritto nel seguito:

- immediatamente a ridosso della struttura sarà prevista una zona costituita da misto cementato, delle caratteristiche sopra definite, per la lunghezza di un metro a partire dall'estradosso della soletta superiore e successivamente degradando a 45° all'interno del corpo del rilevato. Tale volume di misto cementato sarà realizzato fino alla quota del piano di campagna quando l'estradosso della soletta superiore si trova a quota inferiore a + 4.00 m dal p.c., mentre avrà un'altezza di 3.00 m quando la soletta si trova a quota maggiore a

4.00 m;

- successivamente sarà previsto un volume di rilevato costituito da materiale del gruppo A1 fino a 5 m oltre il filo della struttura misurati a livello del supercompattato. La scarpa di tale zona di rilevato avrà pendenza 3/2 all'interno del corpo del rilevato. Nella zona sovrastante la soletta superiore dello scatolare fino all'intradosso del supercompattato il rilevato sarà costituito da materiale del gruppo A1;
- oltre tale zona sarà prevista la realizzazione di un rilevato così come prescritto al par.5.5.4.1.

Quando la distanza fra intradosso supercompattato ed estradosso soletta è inferiore a 20 cm, nella zona sovrastante lo scatolare sarà aumentato lo spessore di supercompattato fino ad appoggiarsi sullo scatolare. Quando invece non è possibile garantire la continuità del supercompattato a causa di bassi ricoprimenti, il misto cementato andrà a coprire lo scatolare ed il supercompattato sarà interrotto ad un metro di distanza dai piedritti.

Il misto cementato dovrà essere posto in opera in strati di spessore massimo (materiale sciolto) di 30 cm. La superficie superiore degli strati avrà una pendenza trasversale pari a circa il 3% e comunque tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche; dovrà essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi. Detta pendenza dovrà essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere, impiegando allo scopo le livellatrici e apposite squadre di operai.

Il materiale A1 deve essere steso per strati con le stesse modalità e requisiti degli strati di rilevato.

5.5.4.3 Rilevato stradale

I rilevati stradali saranno eseguiti con le stesse modalità dei rilevati ferroviari (par.5.5.4.1) con le eccezioni di seguito elencate:

- il piano di posa dovrà essere costipato mediante rullatura in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2).
- Il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 20MPa al primo ciclo di carico;
- lo strato di anticapillare verrà realizzato solo se previsto in progetto;
- il modulo di deformazione di ciascuno strato del corpo del rilevato, misurato mediante prova di carico su piastra, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 40 MPa.

5.5.5 DUNE, RITOMBAMENTI, COLLINE ARTIFICIALI

Con i termini dune, colline artificiali e ritombamenti si definiscono tutte le opere in terra non rientranti nei rilevati (par. 5.5.4) e che non siano opere di presidio idraulico. Esse verranno realizzate con le stesse modalità dei rilevati ferroviari (punto 5.5.4.1) con le eccezioni di seguito elencate:

- il piano di posa dovrà essere costipato mediante rullatura in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 90% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). Il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 10MPa al primo ciclo di carico e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile, si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i);
- lo strato di anticapillare verrà realizzato solo se previsto in progetto;
- non verrà realizzato lo strato di terreno supercompattato; l'ultimo strato dell'opera in terra avrà le stesse caratteristiche degli strati sottostanti;
- è consentito l'utilizzo di terre trattate a calce per la formazione dell'intera opera in terra;

- dopo la compattazione, la densità secca di ciascuno strato dell'opera in terra dovrà risultare non inferiore al 90% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2);
- il modulo di deformazione dell'opera in terra, misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 15 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile, si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i;
- gli strati verranno stesi e costipati con la pendenza indicata in progetto.

Per ritombamenti non destinati a sostenere il corpo stradale, possono essere utilizzate tutte le terre, nel rispetto dei requisiti di portanza, indeformabilità e durabilità definiti in progetto e compatibili con il particolare impiego e con le disposizioni in materia ambientale.

5.5.6 TRINCEE

5.5.6.1 Trincee ferroviarie

Gli scavi in trincea saranno eseguiti con le modalità di cui al punto 5.5.2.

Il terreno in situ, a fondo scavo, potrà essere utilizzato come piano di posa dello strato supercompattato unicamente se risulta appartenere ai gruppi A1, A3 (con coefficiente di disuniformità maggiore di 7) o A2-4, della classifica UNI 11531-1/2014.

Esso dovrà essere costipato in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). Il modulo di deformazione, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 40 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i). In ogni caso, dopo la compattazione, il terreno del piano di posa dovrà avere caratteristiche tali da garantire, sulla sommità dello strato supercompattato, un modulo di 80MPa, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.25 MPa - 0.35MPa e un rapporto tra i moduli del 1° e il 2° ciclo non inferiore a 0.45.

Se il terreno in situ non ha le caratteristiche di cui sopra, si dovrà effettuare la bonifica; il relativo rinterro dovrà essere eseguito secondo le modalità di cui al punto 5.5.3.b), con valore minimo del modulo di 20 MPa, per tutti gli strati che costituiscono la bonifica, ad eccezione dell'ultimo strato, e cioè quello che costituisce la superficie di appoggio del supercompattato, per il quale il valore minimo del modulo, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, deve essere di 40 MPa; inoltre il rapporto tra i moduli del 1° e il 2° ciclo non inferiore a 0.45.

Le scarpate dovranno essere inerbite secondo le prescrizioni riportate nel par. 5.5.8.

5.5.6.2 Trincee stradali

Gli scavi in trincea saranno eseguiti con le modalità di cui al punto 5.5.2.

Il terreno in situ, a fondo scavo, potrà essere utilizzato come piano di posa della sovrastruttura stradale unicamente se risulta appartenere ai gruppi A1, A2, A3 della classificazione di cui alla norma UNI 11531- 1/2014.

Esso dovrà essere costipato in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). Il modulo di deformazione, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa - 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 20 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i). In ogni caso, dopo la compattazione, il terreno del

piano di posa dovrà avere caratteristiche tali da garantire, sulla sommità dello strato di sottofondo, un modulo di 50MPa, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa - 0.15 MPa.

Se il terreno in situ non ha le caratteristiche di cui sopra, si dovrà effettuare la bonifica; il relativo rinterro dovrà essere eseguito secondo le modalità di cui al punto 5.5.3.b), con valore minimo del modulo di 20MPa.

Le scarpate dovranno essere inerbite secondo le prescrizioni riportate nel par. 5.5.8.

5.5.7 STRATO "SUPERCOMPATTATO"

5.5.7.1 Strato "supercompattato" per rilevati e trincee ferroviarie

La superficie costituente il piano di posa del sub-ballast, sia in trincea che in rilevato, sarà realizzata mediante formazione di uno strato di terra compattato di spessore non inferiore a 30 cm (spessore finito).

Per la realizzazione dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- a) Dovranno essere impiegate terreni delle categorie A1, A2-4 e A3, queste ultime se corrette con aggiunta di finopassante al setaccio 0.4 UNI.
- b) Il terreno utilizzato dovrà avere le seguenti caratteristiche:
 - dimensione non superiore a 63 mm, con forma non appiattita, allungata o lenticolare;
 - granulometria compresa in uno dei due fusi (A o B) di cui alla norma UNI 11531-1/2014 – Prospetto 2;
 - perdita in massa, determinata con la prova Los Angeles (UNI EN 1097-2), eseguita, ove possibile, sulle singole pezzature, non superiore al 50%;
 - equivalente in sabbia, per i terreni di tipo A3 $\geq 25\%$, con un coefficiente di disuniformità maggiore di 7;
 - indice di portanza CBR (UNI EN 13286-47), all'umidità ottima di costipamento, dopo quattro giorni di imbibizione di acqua eseguito sul materiale passante al setaccio 31.5, non minore di 50;
 - la miscelazione del materiale e la posa in opera dovranno essere eseguite in maniera da garantire l'omogeneità della granulometria che deve sempre rientrare nel fuso scelto (UNI 11531-1/2014 – Fuso A o B).
- c) Se le miscele contengono oltre il 60% in massa di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione dovrà avvenire sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti punti.
- d) Dovranno comunque essere esclusi terreni di natura pozzolanica od altri materiali piroclastici.
- e) Il materiale dovrà essere messo in opera con un contenuto d'acqua (UNI EN 13286-2) prossimo all'ottimale; qualora il contenuto d'acqua si discosti di $\pm 2\%$ dal valore ottimale, l'eventuale aggiunta di acqua avverrà mediante dispositivi spruzzatori e l'eventuale essiccamento avverrà per evaporazione.
- f) Le operazioni di posa in opera e compattazione non dovranno essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stesso. Nel caso di ammaloramenti dovuti a tali cause, la parte deteriorata dovrà essere rimossa e ricostruita a cura e spesa dell'Esecutore.
- g) Per il costipamento e la rifinitura saranno impiegati rulli vibranti semoventi. L'idoneità delle attrezzature e delle tecniche di costipamento verranno verificate con una prova sperimentale in situ impiegando i materiali risultanti dagli studi preliminari in un campo prova sul quale si eseguiranno le determinazioni del modulo di deformazione mediante prova di carico su piastra e della densità. Se la misura in situ riguarda materiale contenente fino al 25% in massa di elementi di dimensioni maggiori di 25 mm, la densità di riferimento (AASHTO modificata),

ottenuta in laboratorio, dovrà essere aumentata in base alla formula:

$$dc = \frac{100}{\frac{100-x}{d_a} + \frac{x}{p_c}}$$

Dove:

d_c = densità corretta;

d_a = densità AASHTO modificata; x = percentuale in massa degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm; p_c = massa volumica reale degli elementi di dimensione maggiore di 25mm.

Rispetto al valore della densità così aumentata si applicherà la prescrizione del 98%.

Se la percentuale degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm è compresa tra il 25 % ed il 40 %, al termine x dovrà sempre essere assegnato il valore 25.

- h) Dopo il costipamento, in ogni punto la densità secca non dovrà essere inferiore al 98% della massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). Il modulo di deformazione M_d , misurato in condizioni di umidità prossime a quella ottima di costipamento, mediante prova di carico su piastra non dovrà essere inferiore a 80MPa al primo ciclo di carico e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i). Sulla sommità dello strato supercompattato, per l'intera larghezza della piattaforma, subito dopo la compattazione, si dovrà intervenire con fitociti, antigerminali o anchetaletossici.

5.5.7.2 Strato di sottofondo per rilevati e trincee stradali

La superficie costituente il piano di posa della sovrastruttura stradale, sia in trincea che in rilevato, sarà realizzata mediante formazione di uno strato di terra fortemente compattato di spessore non inferiore a 30 cm (spessore finito).

Per la realizzazione dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- a) Dovranno impiegarsi terreni appartenenti alle categorie A1, A2-4, A2-5 e A3, con un coefficiente di uniformità (D_{60}/D_{10}) maggiore di 7. Inoltre (UNI 11531-1/2014 – punto 4.1.4) è richiesto che:
- non vi siano granuli di dimensioni > 63 mm;
 - il passante a 0.063 mm sia ≤ 15 %;
 - l'indice di plasticità sia ≤ 6, meglio se N.P.;
 - il passante al setaccio da 16 mm sia almeno del 50 %.
- b) In ogni punto la densità secca non dovrà essere inferiore al 98% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). Il modulo di deformazione M_d , misurato in condizioni di umidità prossime a quella ottima di costipamento, mediante prova di carico su piastra non dovrà essere inferiore a 50 MPa al primo ciclo di carico.
- c) L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità ottima in funzione della densità secondo la prova AASHTO modificata avverrà mediante dispositivi spruzzatori.
- d) Le operazioni anzidette non dovranno essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello stesso strato supercompattato. Nel caso di ammaloramenti dovuti a tali cause, la parte deteriorata dovrà essere rimossa e ricostruita a cura e spesa dell'Esecutore.

5.5.8 INERBIMENTO

Sulle scarpate del rilevato dovrà essere posato uno strato di terreno vegetale umifero dello spessore di 20 cm da stendere a cordoli orizzontali opportunamente costipati seguendo d'appresso la costituzione del rilevato e ricavando gradoni di ancoraggio, salvo che il rivestimento venga eseguito contemporaneamente alla formazione del rilevato stesso, nel qual caso detti gradoni non sono necessari.

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

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

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

5.6 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

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

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

- b) La provenienza ed il tipo di materiale da utilizzare dovranno essere preventivamente comunicati alla DIREZIONE LAVORI.
- c) Sarà cura dell'ESECUTORE provvedere all'aerazione ed alla fornitura dell'acqua necessaria per ottenere l'umidificazione ottimale, ai fini della compattazione, dei materiali utilizzati per i rinterrati ed i rilevati.
- d) In presenza di paramenti flessibili e murature laterali la compattazione a ridosso delle opere dovrà essere tale da escludere una riduzione nell'addensamento e nel contempo il danneggiamento delle opere stesse.

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

A ridosso dei manufatti l'ESECUTORE 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 sospenso per la presenza di tombini, canali, cavi etc. si dovrà garantire la continuità con la parte realizzata impiegando materiali e livelli di compattazione identici.

- e) Sarà cura dell'ESECUTORE fare effettuare le prove in sito e di laboratorio previste dalla "Specifiche di Controllo", così come quelle integrative che la DIREZIONE LAVORI ritenesse necessarie per accertare la qualità del lavoro.
- f) Per consentire l'effettuazione delle prove in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'ESECUTORE dovrà garantire la presenza in cantiere temporanea o permanente di uno o più laboratori attrezzati per la esecuzione delle prove previste dalle "Specifiche di Controllo".

Tale laboratorio dovrà avvalersi di personale qualificato e numericamente adeguato al

- quantitativo di prove da eseguire.
- g) Sarà cura dell'ESECUTORE 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 provvisorie (well-point, palancole, deviazioni, aggettamenti, etc.) atte a garantire la qualità del lavoro da eseguire ed a garantire altresì il regolare deflusso delle acque.
 - h) Sarà cura dell'ESECUTORE provvedere alla fornitura ed al trasporto dei materiali provenienti da cave di prestito così come di quelli provenienti dagli scavi.
 - i) Nel caso in cui, in qualsiasi fase di lavoro, siano rinvenuti oggetti o materiali di valore od oggetti tutelati dalle leggi vigenti, l'ESECUTORE dovrà scrupolosamente attenersi a quanto prescritto dal Contratto.
 - l) Sarà onere dell'ESECUTORE provvedere alla profilatura delle scarpate, delle banchine e dei cigli ed alla costruzione degli arginelli, se previsti, nonché alla maggiorazione delle dimensioni di progetto dei rilevati per tener conto dell'assestamento delle terre, affinché all'epoca del collaudo i rilevati eseguiti abbiano dimensioni non inferiori a quelle previste nel progetto costruttivo.
 - m) Sarà onere dell'ESECUTORE il trasporto e lo smaltimento a discarica autorizzata di tutto il materiale di risulta (non idoneo al riutilizzo o comunque esuberante) proveniente dagli scavi o da scarti di vagliatura del materiale accantonato per il riutilizzo.
 - n) Sarà cura dell'ESECUTORE, durante tutte le fasi di lavorazione, provvedere alla protezione e conservazione dei manufatti esistenti ed all'eventuale ricostruzione, in caso di danneggiamento o temporanea rimozione, nello stato in cui si trovavano prima della effettuazione dei lavori.
 - o) Sarà cura dell'ESECUTORE provvedere alla pulizia, manutenzione e ripristino del manto stradale, sia relativamente alle strade di cantiere che alla viabilità esterna, in modo da preservare l'integrità delle superfici stradali percorse dai mezzi dell'ESECUTORE e di garantire costantemente la percorribilità delle strade anche in relazione agli aspetti concernenti la sicurezza.
 - p) Sarà cura dell'ESECUTORE provvedere a programmare i lavori conformemente alle fasi costruttive previste in progetto e verificare che i dati provenienti dal monitoraggio in corso d'opera siano rispondenti a quelli previsti in progetto. Nel caso in cui si verificano delle differenze, dovrà essere tempestivamente informata la DIREZIONE DEI LAVORI. Sarà inoltre onere dell'ESECUTORE raccogliere e consegnare alla DIREZIONE DEI LAVORI i dati del monitoraggio, con cadenza almeno mensile.

5.6.1 PRESCRIZIONI ED ONERI PARTICOLARI PER LA GESTIONE DEI MATERIALI IN ESCLUSIONE DAL REGIME DEI RIFIUTI

Si rimanda a quanto disciplinato nella sezione 20 del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili.

5.6.2 PRESCRIZIONI ED ONERI PARTICOLARI PER LA GESTIONE DEI MATERIALI IN REGIME DEI RIFIUTI

Si rimanda a quanto disciplinato nella sezione 20 del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili.

5.7 CONTROLLI

5.7.1 PRESCRIZIONI GENERALI

L'incidenza delle prove definite nelle specifiche di Controllo deve ritenersi come livello minimo; tale incidenza dovrà essere incrementata in ragione della discontinuità granulometrica dei materiali

portati a rilevato o rinterro e della variabilità nelle procedure di compattazione.

L'ESECUTORE potrà eseguire le prove di controllo in proprio o tramite un laboratorio qualificato dall'ESECUTORE e approvato dalla DIREZIONE LAVORI.

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

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

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

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

Prima di iniziare i lavori in oggetto, l'ESECUTORE dovrà disporre di un Piano dei Controlli approvato dalla DL, per ogni opera da eseguire.

Le prove saranno eseguite presso il laboratorio, accettato dalla DIREZIONE LAVORI o in situ, dal personale dello stesso laboratorio; l'esito di ciascuna prova verrà riportato su un apposito certificato ed allegato al Piano dei Controlli.

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

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

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

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

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

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

Per quanto concerne i controlli inerenti le tematiche ambientali si rimanda a quanto riportato nei paragrafi precedenti nonché a quanto disciplinato dalla normativa di settore vigente.

5.8 CONTROLLI SUGLI SCAVI

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

5.8.1 SCAVI A MANO O A MACCHINA

Sono richiesti i seguenti controlli.

5.8.1.1 Controllo della geometria

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

I risultati delle verifiche finali saranno annotati con la data e la firma del verificatore sull'apposita scheda prevista dal Piano dei Controlli.

5.8.1.2 Controllo della densità secca

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

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

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

5.8.1.3 Controllo del modulo di deformazione

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

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

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

5.8.2 SCAVI CON ESPLOSIVI

Lo scavo con uso di esplosivi dovrà essere eseguito secondo quanto riportato negli elaborati grafici, dove sono indicati il posizionamento delle cariche, la quantità di carica in ogni foro e completati con una relazione esplicativa in cui sia chiaramente documentata la necessità dell'uso dell'esplosivo, la quantità previste e le modalità esecutive.

Per questo tipo di scavi sono richiesti:

- la verifica del rilascio dei permessi da parte delle autorità competenti;
- la verifica della qualifica del personale addetto al maneggio degli esplosivi.

Entrambe queste documentazioni, in copia, saranno conservate dall'ESECUTORE in prossimità dei luoghi di lavoro a disposizione della DIREZIONE LAVORI e delle Autorità preposte.

5.9 CONTROLLI SUI RINTERRI

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

5.9.1 CONTROLLI SUI MATERIALI

Prima della posa in opera dei materiali da utilizzare dovrà essere controllato che essi appartengano alle classi ritenute idonee per il tipo di rinterro da effettuare (par.5.5.3.b). Il controllo dovrà essere effettuato con le seguenti frequenze minime:

- materiale proveniente da scavo: una prova ogni 3.000 mc;
- materiale proveniente da cava: non si effettueranno prove in campo ma il materiale dovrà provenire da cava provvista di apposita certificazione e accompagnato da relativo certificato (per ogni lotto omogeneo di materiale) emesso dalla cava, attestante la specifica ed i controlli sulla qualità del materiale. Il controllo sulla tipologia del materiale si ridurrà quindi al controllo del certificato.

5.9.2 CONTROLLO DELLA DENSITÀ SECCA

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta per ciascuna tipologia di opera in terra (par. 5.5.3.b)

Per ciascuno strato di bonifica, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 1000 m³, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato; per ciascuno strato di riempimento di scavi, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 2000 m³, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

5.9.3 CONTROLLO DEL MODULO DI DEFORMAZIONE

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

Per ciascuno strato di bonifica dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 1000 m³ e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato; per ciascuno strato di riempimento dello scavo dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 2000 m³ e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

5.9.4 CONTROLLO DELLO SPESSORE DEGLI STRATI

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

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

5.10 CONTROLLI SUI RILEVATI

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

5.10.1 RILEVATI FERROVIARI

Gli scavi del terreno al disotto del piano di campagna dovranno essere effettuati con le modalità, di cui al par.5.5.2, ed i controlli di cui al par. 5.8.

5.10.1.1 Controlli sui materiali

Piano di posa

I materiali utilizzati nel caso della bonifica del piano di posa del rilevato (par. 5.5.4.1.a/b) o di riempimento, per raggiungere la quota del piano di posa del rilevato, verranno controllati secondo quanto previsto nel par.5.9.1.

5.10.1.2 Corpo del rilevato

Per verificare l'accettabilità dei materiali utilizzati per il primo strato del corpo del rilevato (anticapillare- par. 5.5.4.1.c) e per tutto il corpo del rilevato, i controlli verranno effettuati come di seguito indicato.

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

Nel caso di impiego di materiali di natura diversa di quelli approvati in sede di qualificazione del materiale, la DIREZIONE LAVORI deciderà sul tipo e quantità di prove da effettuare.

Per materiali provenienti da scavo le prove avverranno sullo scavo di approvvigionamento, con una frequenza di n.2 campionamenti per ogni lotto e volume non maggiore di 3000 m³ (UNI 11531-1/2014) di materiale scavato, ed in ogni caso ogni qualvolta cambi la tipologia del materiale scavato.

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato del rilevato (supercompattato) si rinvia al successivo par. 5.10.6.

5.10.1.3 Controlli sul contenuto d'acqua dei materiali

Per il corpo del rilevato, prima della compattazione, dovrà essere determinato (UNI EN 13286-2) il contenuto d'acqua del materiale da utilizzare, e confrontato con i limiti stabiliti (par.5.5.4.1.g). Nel caso ci sia la necessità di variarlo, mediante l'aggiunta di acqua o mediante evaporazione, la determinazione del contenuto d'acqua verrà ripetuta anche dopo le suddette operazioni.

La frequenza dei controlli sarà di 1 ogni 10000 m³ e comunque almeno 1 ogni strato da compattare.

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

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

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

I sopracitati controlli saranno effettuate per ogni strato e almeno 1 per ogni 1000m².

5.10.1.5 Controlli sulla densità secca

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

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

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

materiale compattato.

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

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato del rilevato (supercompattato) si rinvia al successivo par. 5.10.6

5.10.1.6 Controllo del modulo di deformazione

Dopo la compattazione si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli richiesti per il piano di posa, per lo strato di anticapillare e per il corpo del rilevato (par. 5.5.4.1.b; 5.5.4.1.c.; 5.5.4.1.i).

Per il piano di posa dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 2000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

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

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato del rilevato (supercompattato) si rinvia al successivo par. 5.10.6

5.10.1.7 Controllo della geometria del rilevato

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

5.10.1.8 Controllo dell'inerbimento delle scarpate del rilevato

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

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

5.10.1.9 Monitoraggi

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

5.10.2 RILEVATI A RIDOSSO DI OPERE D'ARTE

5.10.2.1 Controllo del materiale

Il misto cementato impiegato (par. 5.5.4.2.1) sarà accompagnato da certificazioni controllato mediante prova di resistenza a compressione su provini cilindrici compattati a 7 giorni di stagionatura, secondo norme CNR.

B.U. n°29.

La frequenza delle prove sarà in ragione di una prova ogni strato posto in opera.

5.10.2.2 Controllo della densità secca

La frequenza delle prove sarà in ragione di una prova ogni strato posto in opera di misto cementato e di A1.

5.10.2.3 Controllo del modulo di deformazione

La frequenza delle prove sarà in ragione di una prova ogni strato posto in opera di misto cementato e di

A1.

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

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

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

I sopracitati controlli saranno effettuati per ogni strato e almeno 1 per ogni 1000m².

5.10.3 RILEVATI STRADALI

Per i rilevati stradali valgono le stesse prescrizioni previste per il controllo dei rilevati ferroviari di cui al par. 5.10.1.

5.10.4 CONTROLLI SULLE DUNE, RITOMBAMENTI E COLLINE ARTIFICIALI

Per le opere che ricadono in questa categoria valgono le stesse prescrizioni previste per il controllo dei rilevati ferroviari di cui al par. 5.10.1.

5.10.5 CONTROLLI SULLE TRINCEE

5.10.5.1 Trincee ferroviarie

Gli scavi del terreno al disotto del piano di campagna dovranno essere effettuati con le modalità ed i controlli di cui al par. 5.8.

5.10.5.2 Controlli sui materiali Piano di posa

I materiali utilizzati nel caso della bonifica del piano di posa dello strato supercompattato, verranno controllati secondo quanto previsto nel par. 5.9.1.

1.3.1.1.1. *Controlli sulla densità secca*

Dopo la compattazione del piano di posa o di ciascuno strato di terra che costituisce la bonifica (par. 5.5.3.b) si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta per questo tipo di opera.

I controlli dovranno essere eseguiti con una frequenza di almeno 1 prova ogni 1000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per i controlli dei materiali dello strato supercompattato si rinvia al successivo par.5.10.6.

1.3.1.1.2. *Controllo del modulo di deformazione*

Dopo la compattazione del piano di posa o di ciascuno strato di terra che costituisce la bonifica si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli richiesti per questo tipo di opera.

I controlli dovranno essere eseguiti con una frequenza di almeno 1 prova ogni 1000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato(supercompattato) si rinvia al successivo par. 5.10.6.

1.3.1.1.3. *Monitoraggi*

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

1.3.1.1.4. *Trinceestradali*

Per le trincee stradali valgono le stesse prescrizioni delle trincee ferroviarie di cui al par. 5.10.5.1.

5.10.6 CONTROLLI SULLO STRATO SUPERCOMPATTATO

5.10.6.1 Controlli sui materiali

Il materiale in opera dovrà presentarsi uniformemente miscelato, privo di segregazione dei suoi costituenti.

Per verificare l'accettabilità dei materiali utilizzati, i controlli (5.5.7.1.a) della granulometria del materiale, della determinazione del C.B.R., della prova Los Angeles, del coefficiente di disuniformità e dell'equivalente in sabbia, verranno effettuati in cave certificate precedentemente selezionate dall'ESECUTORE; l'accettazione è subordinata alla presentazione del dossier di accettazione della cava, completo dei certificati del materiale stesso ed approvato dalla DIREZIONE LAVORI. In questo caso i controlli in corso d'opera per la rispondenza dei requisiti dei materiali si ridurranno al controllo del certificato.

L'equivalente in sabbia dovrà essere determinato anche dopo il costipamento, presso il laboratorio accettato dalla DIREZIONE LAVORI, o, in situ, dal personale dello stesso laboratorio; l'esito di ciascuna prova verrà riportato su un apposito certificato. Queste prove verranno effettuate con una frequenza minima di 1 prova ogni 1000 m³.

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

Si dovrà misurare lo spessore massimo dello strato e verificare che non sia inferiore a quelli di progetto, con una tolleranza di più o meno del 5%, purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

Si controllerà inoltre che la pendenza trasversale della superficie superiore dello strato finito, dopo compattazione, sia quella di progetto. La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm controllato con un regolo di m 4,50 di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

I sopracitati controlli saranno effettuati con una frequenza di almeno 1 per ogni 1000 m².

5.10.6.3 Controlli sulla densità secca

Dopo la compattazione si dovrà controllare (5.5.7.1.h) che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta.

La frequenza dei controlli dovrà essere almeno 1 prova ogni 1000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

5.10.6.4 Controllo del modulo di deformazione

Dopo la compattazione si dovrà controllare (5.5.7.1.h) che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli richiesti per il piano di posa, per lo strato di anticapillare e per il corpo del rilevato.

Per il piano di posa dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 1000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO

6.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato tecnico delle opere civili.

6.1.1 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Le prescrizioni contenute al par. 6.5 si applicano al conglomerato cementizio per usi strutturali, armato e non, ordinario e precompresso, gettato in opera o prefabbricato.

Nel seguito sono definite:

- le caratteristiche d' idoneità per le miscele di calcestruzzo e i loro componenti,
- le caratteristiche d' idoneità per gli acciai d' armatura e di precompressione,
- le prescrizioni relative alla produzione e al trasporto dei materiali impiegati,
- le modalità esecutive applicabili al fine di ottenere le migliori caratteristiche prestazionali per i materiali richieste dal progetto approvato e di garantire la qualità e durabilità delle opere.

Sono altresì indicati i requisiti riguardo alle malte cementizie per iniezione delle guaine nella post-tensione delle travi e alle malte da utilizzare per i ripristini strutturali e per le rasature delle superfici.

Salvo quanto diversamente indicato nel contratto d' appalto, i controlli, i requisiti e le prescrizioni descritti nel seguito devono integralmente applicarsi a tutte le opere appaltate dalle FERROVIE per la cui realizzazione è previsto l' impiego di almeno 300 m³ di calcestruzzo e comunque sempre nel caso di realizzazione di opere sotto binario e cavalcaferrovia.

Per opere che prevedano l' impiego di quantità complessive di calcestruzzo minori di tale limite, si rimanda alle prescrizioni e ai controlli previsti dalle norme di legge vigenti.

6.1.2 OPERE IN ACCIAIO

Le prescrizioni contenute al par. 6.6, si applicano all' acciaio per carpenteria metallica destinato alla realizzazione delle seguenti tipologie di opere:

- 6.1.2.1 ponti e viadotti ferroviari;
- 6.1.2.2 cavalcavia, passerelle pedonali e altre strutture interferenti con la sede ferroviaria di proprietà di FERROVIE;
- 6.1.2.3 barriere antirumore;
- 6.1.2.4 fabbricati e pensiline.

Nel seguito sono definiti i requisiti per l' esecuzione di costruzioni in acciaio e in particolare:

- 6.1.2.5 le proprietà meccaniche e chimiche del materiale;
- 6.1.2.6 le procedure di controllo dei materiali e delle lavorazioni;
- 6.1.2.7 le caratteristiche dimensionali e di impiego;
- 6.1.2.8 i controlli da eseguire in fase di premontaggio e/o montaggio
- 6.1.2.9 le caratteristiche del trattamento protettivo.

Limitatamente ai cavalcavia e alle passerelle pedonali interferenti la sede ferroviaria realizzati da altri Enti, la presente potrà essere applicata:

- 6.1.2.10 alla sola campata sovrastante la sede ferroviaria nel caso di impalcati semplicemente appoggiati;
- 6.1.2.11 alla campata sovrastante la sede ferroviaria e alle due adiacenti sia nel caso di impalcati continui che per i controlli sui dispositivi di vincolo.

Per le altre campate le FERROVIE potranno acquisire la documentazione prodotta dal Direttore dei Lavori in ottemperanza agli obblighi di legge e contrattuali.

6.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elenca di seguito la principale documentazione e normativa di riferimento.

6.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- Legge 5/11/1071 n.1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica."
- DM Infrastrutture 17/1/2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare esplicativa del 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»;
- DM 9/5/2003 n. 156 "Criteri e modalità per il rilascio dell'abilitazione degli organismi di certificazione, ispezione e prova nel settore dei prodotti da costruzione";
- Legge 26/5/1965 n.595 "Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici";
- DPR 380/2001 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia";
- Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive - del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Linee Guida sul calcestruzzo strutturale - del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Linee guida per la produzione, il trasporto ed il controllo del calcestruzzo preconfezionato - del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;

6.2.2 NORMATIVA EUROPEA

Calcestruzzo:

- UNI EN 206:2014 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità;
- UNI EN 12350-2:2009 Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 2: Prova di abbassamento alcono;
- UNI EN 12350-5:2009 Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 5: Prova di spandimento alla tavola a scosse;
- UNI EN 12350-7:2009 Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 7: Contenuto d'aria - Metodo per pressione;
- UNI EN 12350-6:2009 Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 6: Massa volumica;
- UNI EN 12390-2:2009 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 2: Confezione e stagionatura dei

provini per prove di resistenza;

- UNI EN 12390-3:2009 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 3: Resistenza alla compressione dei provini;
- UNI EN 12390-5:2009 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 5: Resistenza a flessione dei provini;
- UNI EN 12390-6:2010 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 6: Resistenza a trazione indiretta dei provini;
- UNI EN 12390-7:2009 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 7: Massa volumica del calcestruzzo indurito;
- UNI EN 12390-8:2009 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 8: Profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione;
- UNI EN 12390-13:2013 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 13: Determinazione del modulo di elasticità secante in compressione;
- UNI EN 12504-1:2009 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 1: Carote - Prelievo, esame e prova di compressione;
- UNI EN 12504-2:2012 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 2: Prove non distruttive – Determinazione dell'indice sclerometrico;
- UNI EN 12504-3:2005 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 3: Determinazione della forza di estrazione;
- UNI EN 12504-4:2005 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici;
- UNI EN 13670:2010 Esecuzione di strutture di calcestruzzo.

Acciaio:

- UNI EN 10080:2005 Acciaio d'armatura per calcestruzzo - Acciaio d'armatura saldabile – Generalità;
- UNI EN ISO 15630-2:2010 Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 2: Reti saldate;
- UNI EN ISO 15630-3:2010 Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 3: Acciaio per calcestruzzo armato precompresso;
- UNI EN ISO 15630-1:2010 Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 1: Barre, rotoli e fili;
- UNI EN 1090-2 - Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio - Parte 2: Requisiti tecnici per strutture di acciaio;
- UNI EN ISO 3834 “Requisiti di qualità per la saldatura per fusione dei materiali metallici;
- UNI EN ISO 3834-2 Requisiti di qualità per la saldatura per fusione dei materiali metallici - Parte 2: Requisiti di qualità estesi;
- UNI EN 10210 Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali;
- 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 10163-2:2005 Condizioni di fornitura relative alla finitura superficiale di lamiera, larghi piatti e profilati di acciaio laminati a caldo - Parte 2: Lamiera e larghi piatti;
- UNI EN 10163-3:2005 Condizioni di fornitura relative alla finitura superficiale di lamiera, larghi piatti e profilati di acciaio laminati e a caldo. Parte 3: Profilati;

- 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 10025-3:2005 Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 3: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine allo stato normalizzato/normalizzato laminato;
- UNI EN 10025-5:2005 Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 5: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica;
- UNI EN 10160:2001 Controllo con ultrasuoni di prodotti piani di acciaio con spessore maggiore o uguale a 6 mm (metodo per riflessione);
- 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 14399-4:2015 Assiemi di bulloneria strutturale ad alta resistenza da precarico - Parte 4: Sistema HV - Assiemi vite e dado esagonali;
- UNI EN 14399-10:2009 Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 10: Sistema HRC - Assiemi vite e dado con serraggio calibrato;
- UNI EN 14399-6:2015 Assiemi di bulloneria strutturale ad alta resistenza da precarico - Parte 6: Rondelle piane bisellate;
UNI EN ISO 7090:2001 Rondelle piane, smussate - Serie normale - Categoria A;
- UNI EN ISO 898 -1:2013 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 passofine;
- UNI EN ISO 898-2:2012 Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio al carbonio e acciaio legato - Parte 2: Dadi con classi di resistenza specificate - Filettatura a passo grosso e filettatura a passo fine;
- UNI EN ISO 4759-1:2001 Tolleranze per elementi di collegamento - Viti, viti prigioniere e dadi - Categorie A, B e C;
- UNI EN ISO 8501 Preparazione di substrati di acciaio prima dell'applicazione di pitture e prodotti correlati - Valutazione visiva del grado di pulitura della superficie;
- UNI EN ISO 8503 Preparazione di supporti di acciaio prima dell'applicazione di prodotti vernicianti e prodotti simili - Caratteristiche di rugosità superficiale di supporti di acciaio puliti mediantesabbatura;
- UNI EN ISO 2808:2007 Pitture e vernici - Determinazione dello spessore del film;
- UNI EN ISO 9117-3:2010 Pitture e vernici - Prove di essiccamento - Parte 3: Prova di essiccamento superficiale mediante il metodo delle perline di vetro;
- UNI EN ISO 6504-1:2006 Pitture e vernici - Determinazione del potere coprente - Parte 1: Metodo di Kubelka-Munk per pitture bianche e chiare;
- UNI EN ISO 6504-3:2007 Pitture e vernici - Determinazione del potere coprente - Parte 3: Determinazione del rapporto di contrasto di pitture di colore chiaro a una resafissata;
- UNI EN ISO 3251:2008 Pitture, vernici e materie plastiche - Determinazione del contenuto di sostanze volatili;

- UNI EN ISO 2811-1:2016 Pitture e vernici – Determinazione della densità – Parte 1: Metodo col picnometro;
- UNI EN ISO 4624:2016 Pitture e vernici – Test di trazione (pull-off test) per adesione;
- UNI EN ISO 2409:2013 Pitture e vernici - Prova di quadrettatura;
- UNI EN ISO 12944 - Pitture e vernici – Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura;
- UNI EN ISO 9227:2012 Prove di corrosione in atmosfere artificiali - Prove di nebbia salina;
- UNI EN ISO 10025 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali;
- 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 ISO 15528:2014 Pitture, vernici e materie prime per pitture e vernici -Campionamento
- UNI EN ISO 1513:2010 Pitture e vernici - Controllo e preparazione dei campioni di prova;
- UNI EN ISO 1514:2005 Pitture e vernici - Pannelli unificati per le prove;
- EN ISO 1514:2016 Paints and varnishes - Standard panels for testing (ISO 1514:2016);
- UNI EN ISO 4628 Pitture e vernici – Valutazione della degradazione dei rivestimenti;
- UNI EN ISO 16474-3:2014 Pitture e vernici - Metodi per l'esposizione a sorgenti di luce di laboratorio - Parte 3: Lampade UV fluorescenti;
- UNI EN ISO 3231:1999 Pitture e vernici - Determinazione della resistenza alle atmosfere umide contenenti diossido di zolfo;
- UNI EN ISO 6272 - Prove di deformazione rapida (resistenza all'urto).

Aggregati:

- UNI EN 932-3:2004 Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata;
- UNI EN 1097-5:2008 Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 5: Determinazione del contenuto d'acqua per essiccazione in forno ventilato;
- UNI EN 1097-6:2013 Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 6: Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua;
- UNI EN 12620:2008 Aggregati per calcestruzzo.

Aggiunte:

- UNI EN 450-1:2012 Ceneri volanti per calcestruzzo - Parte 1: Definizione, specificazioni e criteri di conformità;
- UNI EN 13263-1:2009 Fumi di silice per calcestruzzo - Parte 1: Definizioni, requisiti e criteri di conformità;
- UNI EN 15167-1:2006 Loppa d'altoforno granulata macinata per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Parte 1: Definizioni, specifiche e criteri di conformità.
- UNI EN 12878:2014 Pigmenti per la colorazione dei materiali da costruzione a base di cemento e/o calce - Requisiti e metodi di prova.

Additivi:

- UNI EN 480-4:2006 Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Metodi di prova - Parte 4: Determinazione della quantità di acqua essudata del calcestruzzo;

- UNI EN 934-2:2012 Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Parte 2: Additivi per calcestruzzo - Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura;
- UNI EN 934-4:2009 Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Parte 4: Additivi per malta per iniezione per cavi di precompressione - Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura.

Acqua di impasto:

- UNI EN 1008:2003 Acqua d'impasto per il calcestruzzo - Specifiche di campionamento, di prova e di valutazione dell'idoneità dell'acqua, incluse le acque di ricupero dei processi dell'industria del calcestruzzo, come acqua d'impasto del calcestruzzo.

Cemento:

- UNI EN 196-9:2010 Metodi di prova dei cementi - Parte 9: Calore d'idratazione - Metodo semiadiabatico;
- UNI EN 197-1:2011 Cemento - Parte 1: Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni.

Calcestruzzi precompressi e prefabbricati:

- UNI EN 445:2007 Boiaccia per cavi di precompressione - Metodi di prova;
- UNI EN 523:2005 Guaine in fogli di acciaio per cavi di precompressione - Terminologia, prescrizioni, controllo della qualità;
- UNI EN 13369:2013 Regole comuni per prodotti prefabbricati di calcestruzzo.

Calcestruzzo proiettato:

- UNI EN 14487-1:2006 Calcestruzzo proiettato – Parte 1: Definizioni, specificazioni e conformità;
- UNI EN 14487-2:2007 Calcestruzzo proiettato - Parte 2: Esecuzione;
- UNI EN 14488-1:2005 Prove sul calcestruzzo proiettato – Parte 1: Campionamento sul calcestruzzo fresco e sul calcestruzzo indutito;
- UNI EN 14488-2:2006 Prove sul calcestruzzo proiettato – Parte 2: Resistenza alla compressione del calcestruzzo spruzzato giovane;
- UNI EN 14488-4:2005 Prove sul calcestruzzo proiettato – Parte 4: Aderenza per trazione diretta sulle carote;
- UNI EN 14488-6:2006 Prove sul calcestruzzo proiettato – Parte 6: Spessore del calcestruzzo su un supporto;

Malte di cemento:

- UNI EN 1504-2:2005 Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Sistemi di protezione delle superfici di calcestruzzo;
- UNI EN 1504-3:2005 Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 3: Protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo;
- UNI EN 1504-6:2005 Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 6: Ancoraggio dell'armatura di acciaio;
- UNI EN 1504-10:2005 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo
- Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità - Parte 10: Applicazione in opera di prodotti e sistemi e controllo di qualità dei lavori;
- UNI EN 1015-17:2008 Metodi di prova per malte per opere murarie - Parte 17:

Determinazione del contenuto di cloruro solubile in acqua delle malte fresche;

- UNI EN 12190:2000 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione della resistenza a compressione delle malte da riparazione;
- UNI EN 196-1:2016 Metodi di prova dei cementi - Parte 1: Determinazione delle resistenze meccaniche;
- UNI EN 13412:2007 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione del modulo elastico in compressione;
- UNI EN 1542:2000 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Misurazione dell'aderenza per trazione diretta;
- UNI EN 13687-1:2003 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo
- Metodi di prova - Determinazione della compatibilità termica - Cicli di gelo-disgelo con immersione in sali disgelanti;
- UNI EN 12615:2001 Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione della resistenza al taglio;
- UNI EN 13057:2003 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione dell'assorbimento capillare.
- UNI EN 13295:2005 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione della resistenza alla carbonatazione;

Pitture e vernici:

- UNI EN 1062-3:2008 Pitture e vernici - Prodotti e sistemi di verniciatura di opere murarie esterne e calcestruzzo - Parte 3: Determinazione della permeabilità all'acqua liquida;
- UNI EN 1062-6:2003 Pitture e vernici - Prodotti e cicli di verniciatura di opere murarie esterne e calcestruzzo - Determinazione della permeabilità all'anidride carbonica
- UNI EN 1062-7:2005 Pitture e vernici - Prodotti e sistemi di verniciatura per muratura e calcestruzzo esterni - Parte 7: Determinazione delle proprietà di resistenza alla screpolatura;
- UNI EN 1062-11:2003 Pitture e vernici - Prodotti e cicli di verniciatura di opere murarie esterne e calcestruzzo - Metodi di condizionamento prima delle prove;
- UNI EN ISO 7783 Pitture e vernici - Determinazione delle proprietà di trasmissione del vapore acqueo - Metodo della capsula.

Altro:

- UNI EN ISO 9001:2015 Sistemi di gestione per la qualità' – Requisiti;
- UNI CEI EN ISO /IEC 17021 del 2011: Valutazione della conformità –Requisiti per gli organismi che forniscono audit e certificazione di sistemi di gestione.

6.2.3 DOCUMENTAZIONE TECNICA

- UNI 11201:2007 Prove sul calcestruzzo fresco - Determinazione del contenuto di acqua;
- UNI 7087:2002 Calcestruzzo - Determinazione della resistenza al degrado per cicli di gelo e disgelo;
- UNI 7123:1972 Calcestruzzo. Determinazione dei tempi di inizio e fine presa mediante la misura della resistenza alla penetrazione;
- UNI 8147:2008 Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi - Determinazione dell'espansione contrastata della malta;

- UNI 8520-1:2015 Aggregati per calcestruzzo - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 12620 - Parte 1: Designazione e criteri di conformità;
- UNI 8520-2:2016 Aggregati per calcestruzzo - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 12620 - Parte 2: Requisiti;
- UNI 8520-22:2002 Aggregati per confezioni di calcestruzzi - Determinazione della potenziale reattività degli aggregati in presenza di alcali;
- UNI 8866-1:2009 Prodotti disarmanti - Definizioni e classificazione;
- UNI 8866-2:1986 Prodotti disarmanti – Prova dell'effetto disarmante alle temperature di 20 e 80 gradi C. su superfici di acciaio e legno trattato;
- UNI 9156:1997 Classifica e definisce i requisiti dei cementi resistenti all'azione aggressiva (espansiva) dei solfati contenuti nelle acque e nei terreni;
- UNI 9156:2015 Cementi resistenti ai solfati - Classificazione e composizione;
- UNI 9606:1997 Cementi resistenti al dilavamento della calce. Classificazione e composizione;
- UNI 9944:1992 Corrosione e protezione dell'armatura del calcestruzzo. Determinazione della profondità di carbonatazione e del profilo di penetrazione degli ioni cloruro nel calcestruzzo;
- UNI 10622:1997 Barre e vergella (rotoli) di acciaio d'armatura per cemento armato, zincati a caldo;
- UNI 11039-1:2003 Calcestruzzo rinforzato con fibre di acciaio - Definizioni, classificazione e designazione;
- UNI 11104:2016 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206;
- UNI 11307:2008 Prove sul calcestruzzo indurito – Determinazione del ritiro;
- UNI 11417-2:2014 Durabilità delle opere di calcestruzzo e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo - Parte 2: Istruzioni per prevenire la reazione alcali-silice;
- UNI 11417-1:2012 Durabilità delle opere di calcestruzzo e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo - Parte 1: Istruzioni per ottenere la resistenza alle azioni aggressive;
- UNI 11530:2014 Determinazione della potenziale reattività agli alcali degli aggregati per calcestruzzo – esame petrografico di dettaglio per la determinazione dei costituenti potenzialmente reattivi agli alcali
- UNI 8998:1987 Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata;
- ETAG 001:1997 Linee guida per il B.T.E di ancoranti metallici da utilizzare nel calcestruzzo.
- ISO 14001:2015 Sistemi di gestione ambientale - Requisiti e guida per l'uso;
- Istruzione CNR UNI 10011 - "Costruzioni di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione".
- ASTM D714 - 02:2009 Standard test method for evaluating degree of blistering of paints;
- UNI 136 "Chiodi da ribadire. Chiodi a testa tonda stretta".
- UNI 139 "Chiodi da ribadire. Chiodi a testa svasata piana"
- UNI 5715:2002 Piastrine per carpenteria per appoggio su ali di travi IPN (inclinazione 14%).
- UNI 5716:2002 Piastrine per carpenteria per appoggio su ali di travi UPN (inclinazione 8%).

6.3 DEFINIZIONI

Di seguito sono indicate le seguenti definizioni:

- **ESECUTORE:** soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore/Costruttore/General Contractor/Contraente Generale);
- **FERROVIE:** FERROVIENORD S.p.A o chi agisce in nome e per conto di FERROVIENORD S.p.A. (Direzione Lavori /Alta Sorveglianza).
- **PRODUTTORE:** soggetto incaricato della fornitura dei materiali da costruzione o degli elementi accessori.

Si rappresenta che essendo l'ESECUTORE responsabile della qualità del materiale impiegato, e quindi del rispetto delle prescrizioni di legge e di quelle contenute nella presente sezione del capitolato, nel testo ci si riferisce a detta figura anche nel caso si prescrivano attività o controlli che esegua lo stabilimento di produzione.

6.4 ABBREVIAZIONI

Di seguito sono indicati i simboli utilizzati all'interno della presente sezione di capitolato.

- c.a.: cemento armato;
- c.a.p.: cemento armato precompresso;
- C: classe di resistenza;
- S.T.C.: Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.
- CE: Comunità Europea
- D.M.: Decreto Ministeriale

6.5 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

6.5.1 PRESCRIZIONI GENERALI

Al fine di verificare la rispondenza delle opere eseguite alle specifiche e agli standard prefissati, l'ESECUTORE deve eseguire o far eseguire a proprie spese tutte le prove e i controlli di legge, quelli previsti dalle presenti prescrizioni, nonché quelli integrativi richiesti dalle FERROVIE in base a motivate esigenze tecniche, ovvero dal Collaudatore statico e/o dalla Commissione di Collaudo. I controlli in fase di qualifica, di accettazione ed eventualmente, a discrezione delle FERROVIE, le prove complementari di cui al DM 17.01.2018, devono essere effettuate presso un Laboratorio Ufficiale/Autorizzato (nel seguito, U/A) di cui all'art. 59 del DPR n.380/2001. I relativi certificati devono essere registrati dall'ESECUTORE su apposita documentazione di controllo specifica per l'esecuzione di ciascuna opera.

Per tutti i tipi di prova l'ESECUTORE deve fornire la manodopera, le attrezzature, predisporre le eventuali opere provvisorie ed i ponteggi in quantità e tipologie adeguate all'esecuzione delle prove medesime, nel rispetto delle garanzie di sicurezza durante le fasi operative. Resta inteso che il ripristino integrale delle parti d'opera interessate da prove e prelievi è da intendersi a carico dell'ESECUTORE e deve essere eseguito con materiali e modalità approvati dalle FERROVIE.

Tutti gli oneri diretti e indiretti derivanti dall'applicazione delle presenti prescrizioni, compresi quelli necessari per il prelievo, confezionamento, trasporto dei campioni di materiali da sottoporre a prove fisiche-chimiche- meccaniche, nonché i costi di esecuzione di queste ultime presso i Laboratori Ufficiali/Autorizzati, si intendono compresi e compensati dai prezzi contrattuali.

Nel caso d'esecuzione di opere che, per effetto di operazioni successive, risultassero inaccessibili o

comunque non più ispezionabili, prima di procedere con le operazioni successive, l'ESECUTORE deve darne informazione alle FERROVIE nei tempi previsti contrattualmente per l'effettuazione del controllo. Nel caso in cui l'ESECUTORE non ottemperi a quanto sopra, per eseguire le constatazioni previste contrattualmente e dalla normativa, le FERROVIE potranno richiedere, a cura e spese dell'ESECUTORE, la messa a nudo delle parti non più visibili o che siano rese comunque accessibili le porzioni d'opera preventivamente non ispezionate.

Nel caso in cui la progettazione sia in carico all'ESECUTORE, lo stesso è tenuto a presentare alle FERROVIE, in tre copie, i calcoli di stabilità e i disegni esecutivi, completi in ogni dettaglio, di tutte le strutture in cemento armato normale e precompresso. Il progetto dovrà contenere le indicazioni relative alla classe di resistenza, classe di consistenza, diametro massimo degli inerti e classi di esposizione dei calcestruzzi da impiegare per le diverse parti d'opera, nel rispetto delle prescrizioni nel seguito riportate. Le FERROVIE esamineranno i calcoli ed i disegni presentati e ne restituiranno un esemplare all'ESECUTORE medesimo per l'esecuzione dei lavori con le eventuali osservazioni e con la richiesta delle modifiche, se ritenute necessarie. Queste saranno introdotte nei progetti a cura e spese dell'ESECUTORE senza che questi possa, per conseguenti eventuali intralci o ritardi sullo sviluppo dei lavori, avanzare pretese d'indennizzi o rimborsi. Senza l'approvazione da parte delle FERROVIE non potrà essere dato inizio ai lavori di costruzione.

L'approvazione da parte delle FERROVIE dei calcoli e dei disegni presentati dall'ESECUTORE e l'introduzione in essi di qualsiasi modifica non esclude né attenua la responsabilità che deriva all'ESECUTORE dalle vigenti leggi.

6.5.2 REQUISITI DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE DEL CALCESTRUZZO

Il calcestruzzo dovrà essere prodotto con processo industrializzato, tenendo conto che, ai sensi del citato DM 17.01.2018, per "calcestruzzo confezionato con processo industrializzato" s'intende quello prodotto mediante impianti, strutture e tecniche organizzative sia in cantiere che in uno stabilimento esterno al cantiere stesso. Gli impianti per la produzione con processo industrializzato del calcestruzzo devono essere idonei a una produzione costante, disporre di apparecchiature adeguate per il confezionamento, nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e mantenere la qualità del prodotto. Gli impianti devono dotarsi di un sistema permanente di controllo interno della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto risponda ai requisiti di legge e che tale rispondenza sia mantenuta fino all'impiego.

Il sistema di controllo della produzione del calcestruzzo confezionato con processo industrializzato (FPC), predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001, deve fare riferimento alle specifiche indicazioni contenute nelle "Linee guida sul calcestruzzo preconfezionato" elaborato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Detto sistema deve essere certificato da organismi terzi indipendenti che operano in coerenza con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021, autorizzati dal suddetto Servizio Tecnico Centrale sulla base dei criteri di cui al DM 9/5/2003 n.156. Ogni fornitura di calcestruzzo confezionato con processo industrializzato deve indicare gli estremi di tale certificazione.

Il Direttore dei lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture provenienti da impianti non conformi.

Il sistema automatico di gestione e controllo dell'impianto deve permettere la stampa delle informazioni relative ad ogni carico; la relativa bolla di accompagnamento deve contenere le seguenti informazioni:

- nome dell'impianto di betonaggio;
- n° identificativo del mix prodotto;
- classe di resistenza caratteristica;
- classe di esposizione ambientale;

- classe di consistenza;
- metri cubi caricati/trasportati;
- riferimenti delle FERROVIE e dell'ESECUTORE richiedente la fornitura;
- cantiere di destinazione;
- opera e parte d'opera cui si riferisce la fornitura;
- data e ora di fine carico del mix prodotto, di arrivo in cantiere, d'inizio scarico e di fine scarico;
- identificazione (targa) del mezzo di trasporto;
- materiali componenti il mix con indicati:
 - per gli aggregati: la pezzatura nominale e la cava di provenienza;
 - per i cementi: tipo, classe, produttore e cementificio;
 - per le aggiunte (ceneri volanti e microsilice): tipo e provenienza;
 - per gli additivi: marca e tipo;
 - per l'acqua: se proveniente da acquedotto, pozzo, cisterna.
- ricetta, per un mc, del mix in fase di produzione;
- ricetta del mix per gli n mc in fase di produzione;
- umidità totale delle singole classi di aggregati (rilevata automaticamente con le sonde almeno per gli aggregati fini);
- assorbimento delle singole classi granulometriche, misurato e dichiarato in fase di qualifica del materiale;
- ricetta per gli n m³ in produzione, corretta in funzione dell'umidità delle varie classi degli aggregati;
- effettivo carico (dosaggio) per ogni singolo componente;
- differenza (+/-) tra quanto effettivamente caricato e il teorico corretto;
- errore percentuale di carico (dosaggio) per ogni singolo componente;
- rapporto acqua/cemento di progetto del mix (considerando gli aggregati saturi con superficie asciutta) e quello effettivamente ottenuto dopo il carico (dosaggio);

Si deve inoltre avere evidenza di ogni qual volta che:

- l'errore di dosaggio supera la tolleranza ammessa ($\pm 2\%$ per cemento, acqua, additivi, aggiunte; $\pm 3\%$ singola classe di aggregato, $\pm 1\%$ fibre);
- si passa dal funzionamento automatico a quello manuale dell'impianto;
- vengono modificati in manuale i valori di lettura delle sonde.

Al fine di garantire un migliore controllo del rapporto acqua/cemento e una corretta miscelazione dell'impasto, si raccomanda l'impiego di impianti di betonaggio provvisti di miscelatore, Nel caso di confezionamento di calcestruzzi con $R_{ck} \geq 50$ MPa l'impianto deve prevedere la premiscelazione, salvo quanto diversamente indicato dai documenti di appalto.

6.5.3 CARATTERISTICHE E REQUISITI DEI MATERIALI COSTITUENTI IL CONGLOMERATO CEMENTIZIO

6.5.3.1 Cemento

Per i manufatti strutturali devono essere impiegati unicamente i cementi richiamati nella L. 26/5/1965 n. 595 provvisti di certificato di conformità CE che soddisfino i requisiti previsti dalla norma UNI EN 197/1 e provenienti da impianti di produzione in grado di garantire la continuità e la costanza della qualità della fornitura del tipo di cemento richiesto.

È escluso l'impiego del cemento alluminoso e dei cementi per sbarramenti di ritenuta.

Il cemento deve essere scelto, tra quelli considerati idonei, tenendo in considerazione i seguenti aspetti:

- le modalità esecutive dell'opera;
- le condizioni di maturazione;
- le dimensioni della struttura (sviluppo di calore);
- le condizioni ambientali di esposizione della struttura;
- la potenziale reattività degli aggregati agli alcali presenti nel cemento.

Per i cementi da impiegare deve essere disponibile l'analisi chimica completa, compresa la determinazione del contenuto di K_2O e Na_2O (alcali di potassio e di sodio) potenzialmente pericolosi nei riguardi della reazione alcali-aggregati.

La classificazione dei cementi in funzione della loro resistenza ai solfati ed alle acque dilavanti è riportata al prospetto 1 delle norme rispettivamente UNI 9156 e 9606.

La temperatura del cemento all'atto del confezionamento del calcestruzzo non può superare il valore di 55°C.

6.5.3.2 Aggiunte: ceneri volanti, microsilice e loppa d'altoforno

Allo scopo di migliorare la durabilità e la lavorabilità del calcestruzzo, possono essere impiegate nella composizione della miscela, aggiunte di tipo II (pozzolaniche o ad attività idraulica latente) ai sensi delle norme UNI EN 206 e UNI 11104. I prodotti utilizzabili sono i fumi di silice, le ceneri volanti e la loppa d'altoforno granulata macinata, tutti provvisti di marcatura CE.

In caso di loro utilizzo, comunque da concordarsi con le FERROVIE in sede di qualifica della miscela, devono essere soddisfatte tutte le caratteristiche fisico-chimico-meccaniche dei conglomerati cementizi allo stato fresco ed indurito prescritte nei successivi punti.

Particolare attenzione deve essere prestata al corretto dosaggio di acqua nella miscela e al controllo del rapporto a/c poiché tali aggiunte alterano la richiesta d'acqua d'impasto.

Le caratteristiche delle aggiunte di tipo II di cui sopra devono soddisfare i requisiti delle seguenti norme:

- cenere volante UNI EN 450-1;
- fumo di silice UNI EN 13263-1;
- loppa d'altoforno granulata e macinata UNI EN 15167-1.

In caso di utilizzo di pigmenti (aggiunta tipo I), comunque da concordarsi con le FERROVIE in sede di qualifica della miscela, i requisiti e i metodi di prova degli stessi devono essere conformi alla UNI EN 12878.

6.5.3.3 Aggregati

Possono utilizzarsi solamente aggregati provvisti di marcatura CE (sistema di attestazione della conformità 2+) ai sensi dei D.P.R. 21 aprile 1993 n. 246 e successivi decreti attuativi; il certificato di attestazione deve accompagnare la fornitura e copia dello stesso dovrà essere custodita dall'ESECUTORE e dalle FERROVIE. Gli aggregati devono essere conformi ai requisiti della UNI EN 12620 e della UNI 8520-1 (prospetti 1 e 2 rispettivamente).

È richiesta una granulometria composta di almeno tre classi granulometriche diverse in definite percentuali così da formare miscele rispondenti ai criteri di curve granulometriche teoriche o sperimentali di riferimento e tali che l'impasto fresco e indurito abbia i migliori requisiti di resistenza, consistenza, omogeneità, aria inglobata, permeabilità, ritiro e acqua essudata.

Il diametro massimo dell'aggregato costituente la miscela, se non previsto dal progetto approvato, deve essere scelto dall'ESECUTORE in funzione delle:

- caratteristiche geometriche della sezione minima dell'opera,
- degli elementi strutturali da realizzare,
- dei valori di copriferro e interferro,
- delle modalità di posa in opera e del tipo di mezzi d'opera utilizzati.

È fatto obbligo di procedere in fase di qualifica delle miscele alla valutazione della potenziale reattività degli aggregati secondo quanto di seguito indicato al par. 6.5.5.4.

Gli aggregati impiegati per il confezionamento del calcestruzzo, provenienti da vagliatura e trattamento di giacimenti di materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava, devono avere caratteristiche conformi a quelle previste nella norma UNI 8520-2 e devono soddisfare i requisiti di classificazione granulometrica e produzione specificati nella norma UNI EN 12620 (prospetto 2).

Se gli aggregati derivano da frantumazione di materiale proveniente da scavi in sotterraneo (anche parzialmente), devono essere eseguite in aggiunta le seguenti prove:

- giornalmente: la determinazione del contenuto di solfati e cloruri;
- settimanalmente: un'analisi petrografica mirata a rilevare elementi potenzialmente reattivi agli alcali, secondo quanto indicato al successivo par. 6.5.5.4 della presente sezione di Capitolato.

È escluso l'utilizzo di aggregati provenienti da demolizioni o da frantumazione di calcestruzzo per il confezionamento di calcestruzzi strutturali.

6.5.3.4 Acqua d'impasto

L'acqua d'impasto deve soddisfare i requisiti e le caratteristiche indicate prescritte dalla norma UNI EN 1008.

L'acqua di riciclo proveniente dalla produzione del calcestruzzo può essere utilizzata rispettando le condizioni specificate per il suo impiego nella stessa norma UNI EN 1008. In questo caso la frequenza dei controlli da parte del produttore del calcestruzzo è settimanale.

6.5.3.5 Additivi

L'ESECUTORE deve preventivamente sperimentare e dichiarare l'impiego di additivi nel mix design della miscela di conglomerato cementizio.

Tutti gli additivi impiegati devono essere conformi alle norme UNI EN 934 (parti 2 e 4).

Salvo diverse indicazioni di DL/FERROVIE:

- la quantità totale di additivo non deve superare il dosaggio massimo raccomandato dal produttore e non deve superare i 50 g per kg di cemento, a meno di verificare l'influenza di un dosaggio più alto sulle prestazioni e sulla durabilità del calcestruzzo in fase di prequalifica. Nel caso di quantità minori di 2 g per kg di cemento l'utilizzo di additivo è consentito solo se disperso in parte dell'acqua d'impasto;
- qualora la quantità totale di additivi liquidi superi i 3 litri/m³ di calcestruzzo, il suo contenuto deve essere considerato nel calcolo del rapporto a/c.

A titolo non esaustivo, si riportano le presenti prescrizioni sui seguenti additivi.

Additivi fluidificanti e superfluidificanti

Il dosaggio di tali additivi deve essere conforme a quello dichiarato nelle schede tecniche del produttore. Nel caso in cui una miscela, per garantire le prestazioni richieste, necessiti di un dosaggio superiore al limite indicato, si deve passare all'impiego di un additivo con prestazioni superiori, per evitare problemi di segregazione e di tempo di presa del calcestruzzo.

Additivi aeranti

Si utilizzano per la realizzazione di conglomerati cementizi di opere sottoposte a cicli di gelo e disgelo al fine di garantire il contenuto minimo di aria occlusa, come indicato nel par.6.5.5.1.

Additivi ritardanti

Specifici additivi ritardanti possono essere eccezionalmente utilizzati, previa idonea qualifica e preventiva approvazione da parte delle FERROVIE, per:

- particolari opere (ad esempio pali, paratie, diaframmi) che richiedono getti continui e prolungati, al fine di garantire la loro corretta monoliticità;
- getti in particolari condizioni climatiche e in presenza di temperature elevate;
- opere singolari ubicate in zone lontane dall'impianto di betonaggio o per le quali si preveda un tempo di percorrenza della betoniera elevato.

6.5.4 CARATTERISTICHE E REQUISITI DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO

6.5.4.1 Classi di resistenza

La classe di resistenza a compressione $C(f_{ck}/R_{ck})$ è rappresentata da un valore di f_{ck} e da un valore di R_{ck} indicanti rispettivamente la resistenza caratteristica cilindrica e la resistenza caratteristica cubica (entrambi espressi in MPa) a 28 giorni di maturazione.

Le classi sono definite dalle norme UNI EN 206 (prospetto 12) e UNI 11104 (prospetto 2). Il valore della resistenza caratteristica cilindrica si assume pari a $0.83 \times R_{ck}$ per provini normalizzati e cioè cilindri di diametro 150 mm e altezza 300 mm e cubi di lato 150 mm.

6.5.4.2 Copriferro

Per il valore del copriferro da adottare, se non previsto dal progetto approvato, l'ESECUTORE deve adottare per realizzazioni in cemento armato normale e precompresso le indicazioni riportate nel Manuale di Progettazione di FERROVIE (parte 2 – sezione II), e, per quanto non già prescritto dalla suddetta specifica, nel DM 17.01.2018 e nella Circolare esplicativa del 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. – “Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni». In ogni caso, però, deve essere verificato che i valori prescritti siano adeguati alla classe di esposizione ambientale.

6.5.4.3 Rapporto acqua/cemento

La quantità d'acqua totale da impiegare per il confezionamento dell'impasto deve essere calcolata tenendo conto dell'acqua libera contenuta negli aggregati per la cui determinazione si deve fare riferimento alla norma UNI EN 1097-5. Per l'eventuale controllo in corso d'opera del rapporto acqua-cemento della miscela è possibile utilizzare la norma UNI 11201:2007 "Prove sul calcestruzzo fresco - Determinazione del contenuto di acqua" per quanto attiene al contenuto di acqua mentre il contenuto di cemento effettivo si può ricavare dal documento di trasporto (DDT) tenendo conto che ai sensi della UNI EN 206 non è ammesso uno scostamento maggiore di 0.02 rispetto al valore dichiarato.

6.5.4.4 Consistenza

Se non diversamente indicato in progetto, il metodo di misura della consistenza cui l'ESECUTORE deve fare riferimento è il metodo di abbassamento del cono (UNI EN 12350-2).

Si riportano nel seguito i risultati prescritti dalla prova di abbassamento al cono per le diverse classi di consistenza, rispetto ai quali è ammessa una tolleranza di ± 10 mm per tutte le classi:

- S1 da 1 a 4 cm
- S2 da 5 a 9 cm
- S3 da 10 a 15 cm
- S4 da 16 a 21 cm
- S5 da 22 a 25 cm

È considerato quale limite superiore della classe S5 un abbassamento al cono di 250 mm.

Qualora prescritto dagli elaborati tecnici di progetto, è consentita una tolleranza di ± 20 mm sul valore target di abbassamento al cono.

6.5.4.5 Acqua essudata

La quantità di acqua essudata dalla miscela di calcestruzzo, misurata secondo la Norma UNI EN 480/4, non deve risultare maggiore dello 0.1% del volume iniziale della porzione di calcestruzzo in prova.

6.5.4.6 Contenuto in cloruri

Il massimo contenuto in cloruri di un calcestruzzo, espresso come percentuale di ioni cloruro rispetto alla massa del cemento, è definito dalla norma UNI EN 206 (prospetto 15) in funzione del campo d'impiego, nonché della quantità e della tipologia di armatura prevista per l'opera, come di seguito riportato.

- per calcestruzzo non armato: $\leq 1.0\%$
- per calcestruzzo armato: $\leq 0.4\%$
- per calcestruzzo precompresso: $\leq 0.2\%$

In sede di qualifica della miscela l'ESECUTORE deve procedere alla verifica del contenuto massimo di cloruri.

6.5.4.7 Temperatura

In accordo alla norma UNI EN 206 p. 5.2.9 e se non diversamente previsto nel seguito della presente sezione di Capitolato, la temperatura del calcestruzzo fresco al momento della consegna in cantiere non deve essere minore di 5 °C o maggiore di 35 °C.

Qualunque procedura di raffreddamento o di riscaldamento artificiale del calcestruzzo prima della consegna deve essere concordata e approvata dalle FERROVIE.

6.5.4.8 Aria occlusa

Per calcestruzzi ordinari il contenuto di aria deve essere verificato ogni giorno di produzione secondo UNI EN 12350-7.

6.5.5 REQUISITI MINIMI DELLE MISCELE IN RELAZIONE ALL'IMPIEGO

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

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

Ciascuna miscela di calcestruzzo (*mix-design*) deve essere definita con riferimento alle proprietà richieste (calcestruzzo "a prestazione garantita", secondo le norme UNI EN 206 e UNI 11104) e sottoposta ad approvazione da parte delle FERROVIE.

Le classi di esposizione riferite alle azioni dell'ambiente sono indicate nelle norme UNI EN 206 – prospetto 1 e UNI 11104 – prospetto 1; nella tabella 6.5.5.1 seguente sono associati ad ogni tipo di calcestruzzo i campi di impiego e le relative classi di esposizione ai quali l'ESECUTORE deve fare riferimento al fine di giungere alla determinazione della più opportuna miscela da utilizzare, salvo diverse e più severe indicazioni riportate nel progetto approvato.

Tabella 6.5.5.1 – Requisiti minimi delle miscele

I		II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Tipo di calcestruzzo		Campi di impiego	Classe di esposizione ambientale (UNI EN 206) ¹	Rapporto a/c max	Classe di resistenza minima [C(fck/Rck) _{min}]	Classe di consistenza	Tipo di cemento	Classe di resistenza di calcolo (MPa)
A	1*	Impalcati ed Elementi in c.a.p. prefabbricati	[XC3]	0.45	C35/45	S4-S5	CEM I,II,III,IV,V	Rck
	2	Impalcati ed Elementi in c.a.p. gettati in opera	[XC3]	0.45	C35/45	S5	CEM I,II,III,IV,V	Rck
B*	1	Elementi prefabbricati in c.a. per strutture fuori terra	[XC3]	0.45	C35/45	S4	CEM I,II,III,IV,V	Rck
	2	Conci prefabbricati in c.a. per rivestimento di gallerie	[XA2]	0.45	C35/45	S2-S3-S4	CEM III,IV,V	Rck

I		II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Tipo di calcestruzzo		Campi di impiego	Classe di esposizione ambientale (UNI EN 206) ¹	Rapporto a/c max	Classe di resistenza minima [C(fck/Rck) _{min}]	Classe di consistenza	Tipo di cemento	Classe di resistenza di calcolo (MPa)
	3	Canalette portacavi prefabbricate Cunette prefabbricate Elementi prefabbricati senza funzioni strutturali	XC1	0.55	C25/30	S3,S4	CEM III,IV,V	Rck
C**	1	Impalcati in c.a. ordinari Solette in c.a. in elevazione	XC3	0.55	C30/37	S4,S5	CEM I,II,III,IV,V	Rck
	2	Pile e spalle Baggioli e pulvini Strutture in c.a. in elevazione	XC4	0.50	C32/40	S3,S4	CEM III,IV,V	Rck
D**		Lastre in cls per pavimentazioni esterne Manufatti estrusi	XC3	0.55	C30/37	S1	CEM III,IV,V	Rck
E**		Tombini a struttura scatolare e circolare	XA1	0.55	C30/37	S3, S4	CEM III,IV,V	Rck
F**	1	Arco rovescio di gallerie (getti orizzontali)	XA1	0.55	C30/37	S3, S4	CEM III, IV, V	30
	2	Arco rovescio di gallerie (getti tradizionali a superficie inclinata)	XA1	0.55	C30/37	S3	CEM III,IV,V	30
	3.1	Piedritti e calotta di gallerie – sezioni impermeabilizzate non armate	[X0]	0.60	C25/30	S3-S4	CEM III,IV,V	30
	3.2	Piedritti e calotta di gallerie – sezioni impermeabilizzate armate	XC2	0.60	C25/30	S4	CEM III,IV,V	30
	3.3	Piedritti e calotta di gallerie – sezioni non impermeabilizzate	XA1	0.55	C30/37	S4	CEM III,IV,V	30
G**	1	Muri di controripa/sottoscarpa in c.a. (armatura ≥ 30 Kg/mc)	XC3	0.55	C30/37	S3, S4	CEM III,IV,V	Rck

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Tipo di calcestruzzo	Campi di impiego	Classe di esposizione ambientale (UNI EN 206) ¹	Rapporto a/c max	Classe di resistenza minima [C(fck/Rck) _{min}]	Classe di consistenza	Tipo di cemento	Classe di resistenza di calcolo (MPa)
	2	Muri di contropipa/sottoscarpa debolmente armati (armatura < 30 kg/mc) o non armati Solettoni di fondazione Fondazioni armate Rivestimenti di tubazioni	XC2	0.60	C25/30	S3, S4	CEM III,IV,V 30
	3	Fondazioni non armate (pozzi, sottoplinti, prismi per difese spondali, ecc...)	XC2	0.60	C25/30	S3,S4	CEM III,IV,V 30
	4	Cunette, canalette e cordoli	XC1	0.60	C25/30	S3,S4	CEM III,IV,V Rck
H**	1	Pali (di paratie o opere di sostegno), diaframmi e relativi cordoli di collegamento gettati in opera	XC2	0.60	C25/30	S4, S5	CEM III,IV,V 30
	2	Pali di fondazione gettati in opera	XC2	0.60	C25/30	S4, S5	CEM III,IV,V 30
	3	Pali di fondazione prefabbricati	[XA1]	0.50	C32/40	S4, S5	CEM III,IV,V Rck
I	Magrone di riempimento o livellamento	X0	-	C12/15	-	CEM I,II,III,IV,V Rck	

* vedi punto 6.5.7.2 "Caratteristiche aggiuntive per calcestruzzi da prefabbricazione";

** vedi punto 6.5.7.1 "Caratteristiche aggiuntive per calcestruzzi gettati in opera";

di norma, la classe di esposizione ambientale indicata individua le caratteristiche della miscela; nei casi in cui la classe di esposizione ambientale è scritta tra parentesi quadre (es. per i calcestruzzi di tipologia A1 e A2 si ha [XC3]), la classe di resistenza minima è stata determinata in considerazione di fattori diversi e, comunque, più vincolanti.

Legenda tabella 6.5.5.1

Colonna I - Tipo di calcestruzzo: le miscele di calcestruzzo sono suddivise in nove tipologie (da A a I) in funzione dell'impiego a cui sono destinate, come specificato nella successiva Colonna II.

Colonna II – Campi di impiego: per ogni tipo di calcestruzzo indicato in Colonna I vi è una ulteriore suddivisione che tiene conto della parte d'opera e/o della particolare tipologia costruttiva da adottare. Gli esempi indicati nella tabella non sono esaustivi per l'ESECUTORE.

Colonna III - Classe di esposizione ambientale: è indicata la classe minima da adottare in funzione del campo d'impiego; l'ESECUTORE, di concerto con le FERROVIE, è tenuto a verificare, con riferimento al prospetto 4 della norma UNI 11104 che la classe di esposizione ambientale effettiva non sia più severa di quella prevista nella tabella.

Colonna IV - Massimo rapporto acqua/cemento [a/c max]: il valore del rapporto a/c indicato corrisponde ad una classe di resistenza minima di progetto che soddisfa sia i requisiti di durabilità della classe di esposizione ambientale associata a ciascun campo di impiego, sia i requisiti di calcolo strutturale, che possono richiedere resistenze inferiori.

Colonna V - Classe di resistenza minima $[C(f_{ck}/R_{ck})_{min}]$: una classe è rappresentata da un valore di f_{ckmin} e da un valore di R_{ckmin} (entrambi espressi in MPa) per ciascun tipo di opera, in relazione alla classe minima di esposizione.

Colonna VI - Classe di consistenza: vengono definite le classi di consistenza (da S1 a S5) secondo il metodo di misura dell'abbassamento al cono (norma UNI EN 12350-2).

Colonna VII - Tipo di cemento: sono indicati i tipi di cemento che possono essere impiegati per ciascun campo d'impiego o parte d'opera; si distinguono in cinque tipi principali secondo la norma UNI EN 197-1:

CEM I: Cemento Portland;

CEM II: Cemento Portland

composito; CEM III: Cemento

d'altoforno;

CEM IV: Cemento

pozzolanico; CEM V:

Cemento composito.

Colonna VIII - Resistenza di calcolo: con R_{ck} si indica il valore della resistenza caratteristica a 28 gg di progetto come il maggiore tra i valori richiesti dal calcolo strutturale o derivanti dalla classe di esposizione. Nella tabella sono inoltre riportati, nel caso di progettazione a carico dell'ESECUTORE, per alcune opere, il massimo valore da utilizzare come resistenza di calcolo.

Per tutti i tipi di calcestruzzo il dosaggio di cemento non deve risultare inferiore a 300 kg/m^3 , ad esclusione del calcestruzzo tipo I, e non maggiore di 400 kg/m^3 . Eventuali deroghe possono essere concesse all'ESECUTORE dalle FERROVIE in sede di qualifica delle miscele, mediante preventiva definizione e successivo controllo delle caratteristiche che devono risultare conformi a quanto previsto dalla presente sezione di Capitolato. Ad esempio, nel caso di calcestruzzi destinati ad opere massive (elementi di spessore superiore o uguale a 70cm), al fine di limitare la fessurazione per gradiente termico così da garantire la durabilità, potrebbe rendersi necessario derogare ai limiti sul dosaggio minimo di cemento, previa approvazione da parte di FERROVIE, nel rispetto di quanto previsto dalla UNI 11104 p.6.1.

Le prescrizioni di base riportate in tabella 6.5.5.1 sono corredate da specifici requisiti aggiuntivi riportati ai punti successivi del presente paragrafo e in 6.5.6 e 6.5.7, associati a ciascun tipo di calcestruzzo, requisiti che l'ESECUTORE deve rispettare nel confezionamento delle miscele da sottoporre ad approvazione delle FERROVIE.

Di seguito sono indicate ulteriori prescrizioni per la garanzia alla durabilità delle opere valide per le diverse tipologie di calcestruzzo e alle quali l'ESECUTORE deve attenersi.

6.5.5.1 Calcestruzzi soggetti a cicli di gelo - disgelo

I calcestruzzi in classe di esposizione XF2, XF3 e XF4 devono prevedere un contenuto minimo di aria aggiunta del 4 % secondo i valori riportati nel prospetto 5 della norma UNI 11104 e nel prospetto F.1 della UNI EN 206, da verificare mediante norma UNI EN 12350 parte 7. La presenza di micro bolle di aria uniformemente distribuite facilita, infatti, l'espansione dell'acqua durante il congelamento.

Per una corretta valutazione del contenuto di aria necessario, l'ESECUTORE deve tenere in considerazione i fenomeni che inducono perdita d'aria, quali il pompaggio, la posa in opera, la compattazione.

Per la resistenza ai cicli di gelo e disgelo l'ESECUTORE deve fare riferimento alle istruzioni per la prevenzione degli effetti contenute nella norma UNI 11417-1 e alla norma UNI 7087, per quanto riguarda le modalità di prova per la determinazione della resistenza ai cicli di gelo/disgelo.

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

6.5.5.2 Calcestruzzi soggetti ad attacco chimico

Al fine di valutare l'eventuale attacco chimico cui potrebbero essere sottoposti i calcestruzzi, l'ESECUTORE ha l'onere del preventivo accertamento della presenza e della concentrazione nei terreni e nelle acque di agenti aggressivi di cui alla norma UNI EN 206 (prospetto 2).

Gli agenti aggressivi di cui tener conto sono, per i terreni, gli ioni solfato (SO_4^{2-}), per le acque, gli ioni solfato, magnesio (Mg^{++}) e ammonio (NH_4^+), secondo quanto riportato anche nella norma UNI 11417 -1.

Nel caso di accertamento di ambiente chimicamente aggressivo, l'ESECUTORE deve individuare la classe di esposizione ambientale tra le classi XA1, XA2 e XA3, sulla base della concentrazione di agenti aggressivi presenti e utilizzare conseguentemente cementi a moderata, alta o altissima resistenza ai solfati, secondo UNI 9156, come indicato nella norma UNI 11417 -1 (Prospetto A.9).

6.5.5.3 Calcestruzzi soggetti a dilavamento e penetrazione all'acqua

Nel caso di calcestruzzi immersi in acqua, l'ESECUTORE deve valutare il grado di attacco chimico in funzione del contenuto di CO_2 aggressiva nelle acque e del relativo ph, secondo quanto riportato nella norma UNI 11417-1. Nel caso di accertamento di ambiente chimicamente aggressivo deve individuare la classe di esposizione ambientale tra le classi XA1, XA2 e XA3 e conseguentemente deve utilizzare cementi a moderata, alta o altissima resistenza al dilavamento, secondo UNI 9606, come indicato nella medesima norma UNI 11417-1 (punto A.4.2).

6.5.5.4 Calcestruzzi soggetti a reazione alcali- aggregati

Solamente a livello di informativa per l'ESECUTORE si descrivono le tipologie di aggregato reattivo che sono quelle contenenti minerali reattivi nei confronti degli alcali (K_2O , Na_2O), quali la silice amorfa, la silice criptocristallina e fibrosa (calcedonio), il quarzo cristallino in stato di alterazione o tensione con cristalli che presentano angolo di estinzione ondulata maggiore di 15° o contengono inclusioni di miche, ossidi e solfuri metallici.

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

- diaspri, ftaniti e simili nei quali il minerale reattivo è rappresentato da selce, costituita da quarzo microcristallino associato a calcedonio fibroso e silice opalina;
- calcari arenacei (calcareniti e biocalcareniti) costituiti da calcite accompagnata da lenti di selce, gusci fossili, gusci fossili silicei e da granuli di quarzo con estinzione ondulata;
- calcari silicizzati, costituiti da materiale di natura calcarea associati a gusci fossili calcitici parzialmente o totalmente silicizzati, oltre a quarzo e calcedonio.

L'ESECUTORE in sede di qualifica delle miscele da utilizzare, deve valutare il rischio di pericolosità causato dalla reazione alcali-aggregato sulla base delle indicazioni e dei metodi di prova suggeriti nella norma UNI 11417 - 2. Si precisa a riguardo che tutte le parti d'opere che svolgono funzioni strutturali sono da considerare in categoria III non essendo per esse assolutamente accettabile il rischio di degrado per reazione alcali- aggregato. Per il livello di protezione, salvo il caso di strutture in ambienti X0 e XC1/secco si deve assumere il "C" in base al quale devono utilizzarsi aggregati classificati non reattivi, sulla base della metodologia descritta nel seguito, e adottare un valore del SET (sodio equivalente totale per m^3 di calcestruzzo) non superiore a $3 \text{ kg Na}_2\text{O}_{\text{eq}}/\text{m}^3$. È possibile adottare un Set non superiore a 5.0 kg se l'aggregato è classificato non reattivo con ciascuno dei tre metodi di prova che costituiscono la metodologia di prova.

La norma prescrive la seguente metodologia di prova:

1. esame petrografico (secondo UNI EN 932-3);
2. prova ultra accelerata di espansione in malta (secondo UNI 8520-22);
3. prova accelerata di espansione del calcestruzzo (secondo UNI 8520-22);

precisando che se i risultati delle prove 1 e 2 sono concordi nel diagnosticare l'aggregato come non reattivo (non sono identificate fasi reattive agli alcali nell'esame petrografico e l'espansione in malta è inferiore allo 0.10% dopo 14 giorni), l'aggregato può non essere sottoposto alla prova 3 e venire classificato non reattivo. Se invece esiste discordanza diagnostica tra gli esami 1 e 2, allora l'aggregato deve essere sottoposto alla prova 3 il cui risultato è decisivo ai fini della diagnosi di reattività o non reattività.

6.5.5.5 Calcestruzzi soggetti all'attacco di cloruri presenti nell'acqua di mare

L'ESECUTORE, in sede di qualifica delle miscele da utilizzare, deve valutare il rischio di corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare, determinando la classe di esposizione secondo quanto previsto dai prospetti 1 delle UNI EN 206 e UNI 11104. In conformità alla norma UNI 11417-1, in presenza di attacco di cloruri in condizioni aggressive, al fine di prevenire la corrosione dei ferri di armatura, si raccomanda l'impiego di cementi pozzolanici alla loppa.

6.5.6 REQUISITI AGGIUNTIVI DELLE MISCELE

Di seguito sono indicate ulteriori prove per le miscele di calcestruzzo da eseguire in fase di qualifica che l'ESECUTORE deve verificare nei casi in cui esistano specifici requisiti progettuali e/o quando prescritto in

6.5.7 per i singoli tipi di calcestruzzo.

6.5.6.1 Modulo elastico

La prova con cui effettuare la determinazione del modulo elastico secante è definita dalla norma UNI EN 12390-13; i valori delle tensioni che l'ESECUTORE deve prendere a riferimento, se non diversamente previsto da indicazioni progettuali, sono quella nulla e quella cui corrisponde un valore pari a metà del valore medio della resistenza a compressione.

6.5.6.2 Ritiro idraulico

Il ritiro idraulico deve essere valutato tenendo a riferimento, oltre il tipo di calcestruzzo e la condizione ambientale di getto e di prima stagionatura, anche la dimensione e la geometria dell'elemento.

Per la determinazione del ritiro in direzione uniassiale in funzione della dimensione massima dell'aggregato costituente la miscela di calcestruzzo, si fa riferimento alle norme UNI 11307. Le scadenze temporali per la misurazione sono quelle indicate nella norma sopra citata. In mancanza di specifiche indicazioni progettuali può essere preso a riferimento come limite di accettabilità di ritiro il valore di 400 µm/m a 60 giorni e 500µm/m a 90 giorni.

6.5.6.3 Ritiro termico

Per la prevenzione delle fessure da ritiro termico occorre limitare lo sviluppo del calore d'idratazione del calcestruzzo; per tale motivo la scelta del tipo e del dosaggio di cemento deve essere tale da minimizzare il seguente valore:

$$\Delta T_{\max} = q.c / Mv.cs < \Delta T_{\max} (i)$$

dove:

ΔT_{\max} : massimo incremento termico del calcestruzzo fresco rispetto alla

temperatura ambiente; c: dosaggio di cemento (kg/m^3);

q: calore di idratazione del cemento

(kJ/kg) a 2gg; Mv: massa volumica del
calcestruzzo (kg/m^3);

cs: calore specifico del calcestruzzo, mediamente pari a $1,10 \text{ kJ}/\text{kg}\cdot\text{C}^\circ$;

ΔT_{max} (i): valore soglia stabilito secondo il tipo di calcestruzzo (i)

considerato. La determinazione del ΔT_{max} , deve essere effettuata

con i seguenti controlli:

- in laboratorio mediante una prova adiabatica su un campione di calcestruzzo tale da poter essere ritenuto rappresentativo per strutture massive (elementi con spessore superiore o uguale a 70 cm), o quando richiesto dalla Direzione Lavori/ FERROVIE;
- in sito, nel caso di singole parti d'opera significative (qualora prescritto o richiesto dal DL/ FERROVIE) o di parti previste in serie, mediante la realizzazione di un prototipo, opportunamente dimensionato, da eseguire in condizioni ambientali più prossime a quelle previste in fase di getto e comunque da concordare con le FERROVIE, come indicato nel par. 6.5.11.4.

Per la scelta del cemento più idoneo, a parità di rapporto a/c, l'ESECUTORE deve procedere in fase di prequalifica ad una prova di confronto in calcestruzzo, utilizzando diversi tipi di cementi ed eventuali aggiunte (cenere volante, micro silice). Si può intervenire sul tipo di cemento, anche in relazione ai tempi previsti per lo scassero. Evidenza di tale attività deve risultare dalla relazione di prequalifica che l'ESECUTORE è tenuto a presentare a FERROVIE.

Per il rispetto del ΔT_{max} si prescrive l'impiego di casseri (parte a contatto del calcestruzzo) in legno multistrato o altro materiale delle stesse capacità di coibentazione.

6.5.7 PRESCRIZIONI PER I SINGOLI TIPI DI CALCESTRUZZO

Durante la fase di studio di qualifica della miscela di calcestruzzo l'ESECUTORE deve rispettare, per le tipologie di calcestruzzo indicate nella tabella 6.5.5.1 in funzione dei diversi campi d'impiego, sia i requisiti minimi precedentemente prescritti, sia le ulteriori caratteristiche di seguito riportate.

6.5.7.1 Calcestruzzo armato gettato in opera

Calcestruzzi di tipo C

Gli elementi strutturali per i quali è previsto l'impiego di calcestruzzi tipo C1 sono caratterizzati dalla proprietà comune di avere notevoli superfici esposte all'aria, perché le loro dimensioni si sviluppano per lunghezze elevate e spessore limitato.

Gli elementi strutturali per i quali è previsto l'impiego di calcestruzzi tipo C2 sono caratterizzati da dimensioni massicce e, pertanto, la miscela deve essere definita per tenere conto soprattutto dei fenomeni di fessurazione connessi all'elevato gradiente termico tra nucleo e periferia del manufatto.

I valori soglia prescritti per ΔT_{max} (come definito al punto 6.10.3) sono 40°C per i calcestruzzi di tipo C1 e 50°C per quelli di tipo C2. Tali valori sono comunque da rapportarsi all'effettiva geometria, dimensione, costituzione e grado di vincolo della parte d'opera in oggetto. Per i calcestruzzi di tipo C1 è prevista la valutazione del ritiro idraulico in sede di qualifica della miscela.

Calcestruzzi di tipo D

I calcestruzzi in tipologia D sono destinati alla realizzazione di pavimentazioni rigide e di manufatti

estrusi, dove è necessario garantire requisiti di resistenza meccanica a trazione per flessione unitamente a caratteristiche di lavorabilità proprie di miscele da porre in opera mediante macchine (es. vibrofinitrici per le lastre in cls) che richiedono consistenza molto asciutta.

Deve essere verificata in fase di qualifica la resistenza caratteristica a trazione per flessione secondo norma UNI EN 12390-5, il cui valore deve essere ≥ 4 MPa a 7gg e ≥ 5 MPa a 28gg.

Calcestruzzi di tipo E

I calcestruzzi in tipologia E sono destinati alla realizzazione di tombini scatolari o circolari per la canalizzazione e l'allontanamento delle acque meteoriche.

Allo scopo di ottenere un buon grado di finitura superficiale, una buona resistenza all'abrasione e una bassa permeabilità del manufatto, si deve prevedere nella formulazione della miscela l'impiego di aggiunta tipo II in adeguato dosaggio da dichiarare nello studio di pre-qualifica e da verificare in fase di qualifica della miscela in impianto.

Deve essere altresì verificata in fase di qualifica la penetrazione all'acqua secondo norma UNI EN 12390-8.

Calcestruzzi di tipo F

Questo tipo di calcestruzzo è destinato alle applicazioni in galleria.

- Calcestruzzi di tipo F1 e F2

I calcestruzzi di tipologia F1 e F2 sono destinati alla realizzazione degli archi rovesci delle gallerie. In virtù dell'assenza di cassetatura, e quindi della maggiore dispersione di temperatura, nonché dell'assenza di vincoli della struttura, per il getto dell'arco rovescio l'ESECUTORE deve fare in modo di limitare lo sviluppo di calore interno per evitare la formazione di fessure.

Il valore soglia prescritto per ΔT_{max} (come definito al punto 6.5.6.3) è 40°C. Tale valore è comunque da rapportarsi all'effettiva geometria, dimensione, costituzione e grado di vincolo della parte d'opera in oggetto.

- Calcestruzzi di tipo F3

I calcestruzzi di tipologia F3 è destinato alla realizzazione dei piedritti e della calotta delle gallerie. Per tali getti l'ESECUTORE deve fare in modo di limitare lo sviluppo di temperatura all'interno del getto ed il gradiente termico tra il calcestruzzo all'intradosso della calotta e l'ambiente esterno.

Il valore soglia prescritto per ΔT_{max} (come definito al punto 6.5.6.3) è 35°C. Tale valore è comunque da rapportarsi all'effettiva geometria, dimensione, costituzione e grado di vincolo della parte d'opera in oggetto.

Calcestruzzi di tipo G

I calcestruzzi di tipologia G sono destinati alla realizzazione di muri, solettoni di fondazione, fondazioni, cumette e canalette. Il valore soglia prescritto per ΔT_{max} (come definito al punto 6.5.6.3) è 40°C. Tale valore è comunque da rapportarsi all'effettiva geometria, dimensione, costituzione e grado di vincolo della parte d'opera in oggetto.

Calcestruzzi di tipo H

I calcestruzzi tipo H sono destinati alla realizzazione di pali, paratie e diaframmi.

Il calcestruzzo deve presentare caratteristiche di prolungato mantenimento della lavorabilità e di prolungati tempi di presa, anche al fine di conseguire un getto omogeneo e privo di segregazione.

A questo fine deve essere verificata la corretta granulometria dell'aggregato, il possibile utilizzo di aggiunte di cenere volante o fumi di silice, o di specifici coesivizzanti e la possibilità d'impiego di ritardanti finalizzato al mantenimento della classe di consistenza per il tempo intercorrente dal confezionamento all'impianto al completamento del getto.

Devono inoltre essere verificati i seguenti punti:

- l'opportunità di utilizzo di specifici additivi superfluidificanti con forte effetto ritardante o di combinazioni di additivi superfluidificanti e additivi ritardanti, comunque conformi alla norma UNI EN 934/2;
- la non segregazione della miscela, mediante test di spandimento immediatamente prima del getto (UNI EN 12350-5);

6.5.7.2 Calcestruzzo armato da prefabbricazione

Calcestruzzi di tipo A1

Per i calcestruzzi di tipo A1, destinati alla realizzazione di impalcati ed elementi in c.a.p. prefabbricati in stabilimento o a piè d'opera, devono essere rispettate, salvo diverse indicazioni di progetto, le seguenti prescrizioni:

- controllo del passante % granulometrico ai vagli 0,25 mm e 0,5 mm, ai quali devono corrispondere valori superiori rispettivamente a 6% e 12%;
- dimensione massima dell'aggregato non maggiore di 20 mm;
- resistenza a compressione R_{ck} a 28gg ≥ 45 MPa, misurata secondo le indicazioni della norma UNI EN 12390-2 su provini maturati con ciclo termico a vapore predefinito e stagionati a 20°C e U.R. $\geq 95\%$;
- determinazione e dichiarazione del valore di R_{ckj} a fine ciclo di maturazione termica (14-16-18 ore), misurato mediante stagionatura dei provini in vasca di maturazione accelerata con il ciclo di maturazione prescelto;
- resistenza caratteristica a trazione indiretta a fine ciclo di maturazione termica, f_{ctkj} , superiore a 4,5 MPa, misurata secondo le indicazioni della norma UNI EN 12390-6;
- verifica del modulo di elasticità del calcestruzzo secondo norma UNI 12390-13 che deve risultare ≥ 37.000 N/mm² alla fine del ciclo di maturazione termica;
- verifica del ritiro idraulico, secondo quanto indicato al punto 6.5.6.2, che deve risultare ≤ 400 $\mu\text{m}/\text{m}$ a 180 giorni.

Calcestruzzi di tipo B

I calcestruzzi di tipo B sono distinti in base all'utilizzo come di seguito indicato:

- calcestruzzi tipo B1: elementi prefabbricati in c.a. per strutture fuori terra;
- calcestruzzi tipo B2: conci prefabbricati in c.a. di rivestimento definitivo di gallerie;
- calcestruzzi tipo B3: canalette portacavi, cunette, manufatti senza funzioni strutturali.

I calcestruzzi di tipo B1 sono destinati alla realizzazione manufatti ad armatura lenta caratterizzati generalmente da sezioni sottili e da notevoli superfici espositive (ad es. pannelli prefabbricati o pilastri prefabbricati).

I calcestruzzi tipo B2 sono destinati alla realizzazione di conci di rivestimento definitivo per la costruzione di gallerie per i quali la problematica principale è la tenuta all'acqua e, quindi, la durabilità in ambiente potenzialmente aggressivo.

I calcestruzzi di tipo B3 sono destinati alla realizzazione di manufatti minori per i quali devono essere rispettati i requisiti della tabella 6.5.5.1.

Per i calcestruzzi di tipo B1 e B2, salvo diverse indicazioni di progetto, devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- controllo dei passanti % granulometrici ai vagli 0,25 mm e 0,5 mm, ai quali devono corrispondere valori superiori rispettivamente a 6% e 12%;
- valore della resistenza a compressione a fine ciclo di maturazione termica R_{ckj} allo scasso ≥ 15 MPa,
- misurato in accordo alla norma UNI EN 12390-2;
- verifica della penetrazione all'acqua a 28 gg secondo norma UNI EN 12390-8.

6.5.8 QUALIFICA DEI MIX DESIGN PER CONGLOMERATI CEMENTIZI

È obbligo dell'ESECUTORE conseguire, preliminarmente a qualsiasi getto, la qualifica del mix design dei calcestruzzi da utilizzare. È possibile non procedere a dette qualifiche ma utilizzare miscele già testate dal produttore del calcestruzzo e che rispondano ai requisiti richiesti dalla presente sezione del Capitolato, solamente negli appalti di lavori che prevedono un quantitativo complessivo di calcestruzzo inferiore a 1500 m³. In tal caso l'ESECUTORE deve presentare alle FERROVIE, per la preventiva approvazione, tutta la certificazione acquisita dall'impianto di produzione relativa alle miscele di calcestruzzo che intende utilizzare.

Si precisa che l'ESECUTORE ha l'obbligo di procedere dopo un anno a nuova qualifica delle miscele destinate alla realizzazione di quantitativi di calcestruzzo maggiori di 1500 m³. L'ESECUTORE, in tal caso, deve comunicare alle FERROVIE la data di inizio dell'attività di riqualifica, restando inteso che qualora le FERROVIE non possano assistere, lo stesso dovrà comunque fornire tutte le risultanze delle prove effettuate in quel giorno/per quella attività.

Si definiscono di seguito le attività che l'ESECUTORE deve eseguire al fine di conseguire la qualifica del conglomerato cementizio.

6.5.8.1 Studi preliminari di prequalifica

Preliminarmente alla fornitura del calcestruzzo l'ESECUTORE deve presentare per approvazione alle FERROVIE, nei modi e nei tempi previsti contrattualmente, i dossier di qualifica degli impasti per tutti i tipi e le classi di calcestruzzo da utilizzare per la costruzione delle opere.

A tal fine l'ESECUTORE deve presentare, allegato al suddetto dossier, un documento preliminare di prequalifica atto ad attestare la conformità del calcestruzzo e dei singoli costituenti alle prescrizioni e norme riportate sia nel progetto approvato che nel presente documento, basato su studi preliminari ed eventuali verifiche condotte direttamente presso l'impianto di betonaggio.

In particolare, nella relazione di prequalifica l'ESECUTORE deve fare esplicito riferimento a:

- materiali che si intendono utilizzare, indicandone provenienza, tipo e qualità;
- conformità dei materiali costituenti a quanto prescritto nel presente Capitolato;
- massa volumica reale s.s.a. e assorbimento, per ogni classe di aggregato, valutati secondo la norma UNI EN 1097 parte 6;
- studio granulometrico per ogni tipo e classe di calcestruzzo;
- tipo, classe e dosaggio del cemento;
- rapporto acqua-cemento;
- peso specifico del calcestruzzo fresco e calcolo della resa;
- classe di esposizione ambientale a cui è destinata la miscela;
- tipo e dosaggio degli eventuali additivi;
- proporzionamento analitico della miscela e resa volumetrica;

- classe di consistenza, secondo la norma UNI EN 12350, parti 2 e 5;
- risultati delle prove di resistenza a compressione e determinazione del valore caratteristico, secondo UNI EN 12390-3;
- curve di resistenza nel tempo (almeno per il periodo 2÷28 giorni);

Preliminarmente alla fornitura di calcestruzzo l'ESECUTORE deve redigere e presentare a FERROVIE per la necessaria approvazione, dossier di qualifica di ciascun impianto di betonaggio che il medesimo intende utilizzare contenente la descrizione dello stesso, copia delle certificazioni di legge e dei rapporti di taratura delle strumentazioni presenti.

L'ESECUTORE dovrà presentare altresì apposite procedure di trasporto del calcestruzzo.

6.5.8.2 Qualifica all'impianto di betonaggio

In questa fase l'ESECUTORE deve realizzare alla presenza delle FERROVIE gli impasti di verifica all'impianto di produzione, in base ai seguenti requisiti:

1. il valore della resistenza media a compressione a 28 giorni, misurata su almeno 3 prelievi (la resistenza di ciascun prelievo è la media delle resistenze a compressione di due o più provini), ognuno dei quali confezionato da un impasto distinto, deve essere:

$$\text{per } R_{ck} \leq 30 \text{ N/mm}^2 \quad R_m \geq 1,25 R_{ck}$$

$$\text{per } R_{ck} > 30 \text{ N/mm}^2 \quad R_m \geq 1,20 R_{ck}$$

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

2. il valore dell'abbassamento al cono deve essere conforme alla classe di consistenza dichiarata e mantenersi entro i limiti della stessa per almeno 60 minuti;
3. il rapporto acqua/cemento non si discosti di + 0.02 da quello dichiarato nella prequalifica;
4. il valore della massa volumica del calcestruzzo fresco deve essere tale che la resa volumetrica del calcestruzzo (rapporto tra la massa volumica impostata e la massa volumica misurata) sia contenuta in un intervallo di +/- 3% del valore unitario.

Più precisamente, le prove da eseguire in fase di qualifica delle miscele all'impianto di betonaggio devono essere le seguenti:

Calcestruzzo fresco:

- rapporto acqua/cemento, da verificare mediante essiccazione di un campione di calcestruzzo fresco, come specificato al precedente punto 6.5.4.3.;
- classe di consistenza, da verificare secondo UNI EN 12350 parte 2 o UNI EN 12350 parte 5, con mantenimento della classe fino a 60 minuti;
- determinazione acqua essudata, da misurare secondo UNI EN 480/4;
- contenuto di cloruri nell'impasto come definito in UNI EN 206;
- percentuale di aria occlusa nel getto, da misurare secondo UNI EN 12350 parte 7 (per i calcestruzzi areati);
- massa volumica, da misurare secondo UNI EN 12350 parte 6;
- controllo acqua di impasto secondo UNI EN 1008;
- ritiro termico (per i calcestruzzi tipo C1, C2, F1, F2, F3, G).

Per getti da effettuarsi in clima caldo dove la temperatura ambiente non sia tale da garantire una temperatura massima del calcestruzzo come indicato al punto 6.5.4.7, deve essere prevista l'idoneità della miscela anche per temperature superiori, mediante qualifica comprensiva di additivi ritardanti o superfluidificanti del tipo di cui al punto 6.5.2 al fine di garantire il mantenimento dei

tempi di presa e della classe di consistenza di progetto.

Calcestruzzo indurito:

- determinazione della resistenza a compressione a 1, 3, 7, 14, 28 e 60 giorni di stagionatura, in conformità alla norma UNI EN 12390 parte 3;
- determinazione della massa volumica, da verificare secondo UNI EN 12390-7;
- determinazione della profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione secondo la norma UNI EN 12390-8;

ulteriori prove ove prescritto in progetto o richiesto da DL/FERROVIE (a solo titolo esemplificativo, non esaustivo):

- determinazione del modulo elastico statico a compressione, secondo UNI 6556;
- determinazione della resistenza a trazione indiretta secondo UNI EN 12390-6;
- determinazione della resistenza ai cicli di gelo disgelo, secondo norma UNI 7087;
- ritiro idraulico secondo UNI 11307 (per i calcestruzzi tipo C1 e A1);

La prova della profondità di penetrazione all'acqua (secondo UNI EN 12390-8), da eseguirsi su almeno 3 provini per i calcestruzzi di tutte le classi di esposizione ambientale, dovrà fornire un valore massimo, ottenuto dalla media delle medie dei provini, inferiore al copriferro di progetto.

Possono essere richieste dalle FERROVIE prove allo scopo di definire un'apposita correlazione per la stima della resistenza mediante metodi non distruttivi (secondo UNI EN 12504-2/4), in modo da avere un ulteriore parametro di confronto in caso di non conformità in opera.

Devono essere verificati, in aggiunta alle specifiche sopra riportate, anche i requisiti aggiuntivi per le miscele di calcestruzzo definiti al punto 6.5.6 e quelle per i singoli tipi di calcestruzzo riportate al par. 6.5.7 della presente sezione di Capitolato.

L'ESECUTORE deve verificare la rispondenza dei dosaggi impostati con i dosaggi realmente effettuati durante il caricamento all'impianto mediante esame della stampa della ricetta.

Nel caso in cui la miscelazione del calcestruzzo da gettare in opera venga affidata ad autobetoniera, in fase di qualifica non può utilizzarsi il miscelatore ma solamente l'autobetoniera.

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

Le prove di qualifica delle miscele di calcestruzzo (così come quelle delle miscele cementizie e del calcestruzzo proiettato), devono essere effettuate esclusivamente da laboratori U/A di cui all'art. 59 del DPR 380/2001.

L'approvazione delle miscele di calcestruzzo da parte delle FERROVIE non libera in alcun modo l'ESECUTORE dalle sue responsabilità in base alle norme vigenti.

La qualifica delle miscele deve essere ripetuta, con le medesime modalità, ogni qualvolta venissero a modificarsi i componenti o i dosaggi dei costituenti del calcestruzzo o le modalità di confezionamento delle miscele stesse.

6.5.9 CONTROLLI DI CONFORMITÀ IN CORSO D'OPERA E FREQUENZE DI PROVA

Ogni fornitura in cantiere deve essere accompagnata da documenti che indichino gli estremi della certificazione di controllo di produzione in fabbrica FPC (factory production control) in conformità al DM 17.01.2018.

Le FERROVIE effettueranno controlli periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza dei materiali e degli impasti impiegati con quelle garantite in sede di qualifica.

Resistenze

Per ciascun tipo di calcestruzzo, le resistenze di prelievo determinate in laboratorio a 28 gg in corso d'opera (vedi p.to 6.5.9.1) non dovranno discostarsi del $\pm 15\%$ del valore della resistenza media determinata in fase di qualifica della miscela e riportata nel medesimo dossier.

Aria aggiunta

In corso d'opera il contenuto di aria aggiunta dovrà essere verificato secondo UNI EN 12350-7 con la frequenza minima per ciascun giorno di getto, di 2 determinazioni per ciascun elemento da realizzare.

Rapporto acqua cemento

In corso d'opera il rapp. a/c dovrà essere determinato per ciascuna miscela di calcestruzzo con frequenza mensile o ogni 2000 mc in relazione all'effettivo utilizzo.

Acqua essutata

La quantità di acqua essudata deve essere determinata in corso d'opera con frequenza mensile o ogni 1000 mc per ciascuna miscela utilizzata.

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

Non è amessa l'esecuzione delle prove contrattuali di capitolato a cura di laboratori di cantiere di proprietà o anche solo gestiti dal fornitore (di calcestruzzo, di aggregato, di additivi, etc..).

6.5.9.1 Controlli di accettazione della resistenza a compressione

Per il controllo di conformità della resistenza a compressione da parte delle FERROVIE, valgono le prescrizioni contenute nel DM 17.01.2018 e nella relativa Circolare esplicativa. I controlli saranno classificati come segue:

- di tipo A: controllo di accettazione ogni 300 m³ massimo di getto;
- di tipo B: controllo di accettazione impiegato quando siano previsti quantitativi di miscela omogenea uguali o superiori ai 1500 m³.

Il prelievo del conglomerato per i controlli di accettazione si deve eseguire all'uscita della betoniera (non prima di aver scaricato almeno 0.3 m³ di conglomerato e possibilmente a metà del carico). I campioni di calcestruzzo devono essere preparati con casseforme rispondenti alla norma UNI EN 12390-1, confezionati secondo le indicazioni riportate nella norma UNI EN 12390-2.

Le casseforme devono essere realizzate con materiali rigidi al fine di prevenire deformazioni durante le operazioni di preparazione dei provini, devono essere a tenuta stagna e nonassorbenti.

La geometria delle casseforme deve essere cubica di lato pari a 150 mm o cilindrica con diametro pari a 150 mm ed altezza pari a 300 mm.

Sulla superficie dei provini sarà applicata (annegandola nel calcestruzzo) un'etichetta riportante gli estremi per l'identificazione del campione con inchiostro indelebile; l'etichetta sarà siglata dalle FERROVIE al momento del confezionamento dei provini.

L'esecuzione del campionamento deve essere accompagnata dalla stesura di un verbale di prelievo che riporti le seguenti indicazioni:

- identificazione del campione;
- tipo di calcestruzzo;

- numero di provini effettuati;
- codice del prelievo;
- metodo di compattazione adottato;
- numero del documento di trasporto;
- ubicazione del getto per il puntuale riferimento del calcestruzzo messo in opera (es. muro di sostegno, solaio di copertura, soletta di ponte, ecc.);
- identificazione del cantiere e dell'Impresa appaltatrice;
- data e ora di confezionamento dei provini;
- firma della D.L.

Al termine del prelievo i provini verranno conservati in adeguate strutture predisposte dall'ESECUTORE, appoggiati al di sopra di una superficie orizzontale piana in posizione non soggetta ad urti e vibrazioni.

Il calcestruzzo campionato deve essere lasciato all'interno delle casseforme per almeno 16 h (in ogni caso non oltre i 3 giorni). Trascorso questo termine i provini dovranno essere consegnati al Laboratorio incaricato di eseguire le prove di schiacciamento, ove si provvederà alla loro conservazione, una volta rimossi dalle casseforme, in acqua alla temperatura costante di 20 ± 2 °C oppure in ambiente termostato posto alla temperatura di 20 ± 2 °C e umidità relativa superiore al 95%.

Nel caso in cui i provini vengano conservati immersi nell'acqua, il contenitore deve avere dei ripiani realizzati con griglie (è consentito l'impiego di reti elettrosaldate) per fare in modo che tutte le superfici siano a contatto con l'acqua.

L'ESECUTORE sarà responsabile della corretta conservazione e custodia dei provini campionati, mentre sarà responsabilità del DL assicurare la consegna degli stessi al Laboratorio incaricato. Alla consegna deve essere prodotta una domanda ufficiale di richiesta prove sottoscritta dalla Direzione Lavori, la quale indicherà la posizione e il tipo di strutture interessate da ciascun prelievo.

I certificati emessi dal Laboratorio dovranno contenere tutte le informazioni richieste al par. 11.2.5.3 del DM 17.01.2018.

6.5.9.2 Controllo di accettazione dei valori di consistenza

La lavorabilità al momento del getto sarà sempre controllata all'atto del prelievo dei campioni per i controlli d'accettazione della resistenza caratteristica convenzionale a compressione. L'ESECUTORE è tenuto comunque a verificare la consistenza del calcestruzzo di ogni autobetoniera e a darne evidenza alle FERROVIE. La misura della lavorabilità sarà condotta in accordo alla UNI-EN 206 dopo aver scaricato dalla betoniera almeno $0,3 \text{ m}^3$ di calcestruzzo e sarà effettuata mediante differenti metodologie.

Sarà cura dell'ESECUTORE garantire in ogni situazione la classe di consistenza prescritta per le diverse miscele tenendo conto che è assolutamente vietata qualsiasi aggiunta di acqua in betoniera al momento del getto dopo l'inizio dello scarico del calcestruzzo dall'autobetoniera. L'ESECUTORE deve garantire che tra fine confezionamento del calcestruzzo e fine getto non intercorra un tempo superiore a 90 minuti.

Si potrà operare in deroga a questa prescrizione in casi eccezionali quando i tempi di trasporto del calcestruzzo dall'impianto al cantiere dovessero risultare superiori ai 75 minuti. In questa evenienza si potrà utilizzare il conglomerato fino a 120 minuti dalla miscelazione purché esso possieda i requisiti di lavorabilità e resistenza iniziale prescritti. Di ciò si deve dare evidenza mediante apposita specifica della miscela approvata dalle FERROVIE.

Il calcestruzzo con lavorabilità inferiore potrà essere a discrezione delle FERROVIE:

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

6.5.9.3 Controlli di conformità della resistenza sulle opere finite

In caso di controllo su elementi strutturali già realizzati dove si possono essere evidenziate problematiche tali da richiedere la verifica della qualità del materiale, il prelievo, da eseguire da parte dell'ESECUTORE in contraddittorio con le FERROVIE, deve avvenire eseguendo carotaggi dai quali ricavare un numero adeguato di provini cilindrici con operazioni di taglio e rettifica delle basi, in accordo alla norma UNI EN 12504-1.

Si riportano le prescrizioni e raccomandazioni che devono essere seguite dall'ESECUTORE nell'applicare il criterio di seguito esposto per la valutazione dei risultati:

- l'estrazione e la prova devono essere preferibilmente effettuate non oltre due mesi dopo la posa in opera del calcestruzzo; per tempi più lunghi gli effetti di maturazione e carbonatazione superficiale possono portare a sovrastima delle resistenze di cui si deve tenere conto;
- l'estrazione dei provini da strutture in elevazione deve essere effettuata nella parte mediana delle strutture perché l'effetto di autocompattazione porta a incrementi della massa volumica e della resistenza nella parte inferiore;
- i provini ricavati dai prelievi non devono contenere al loro interno più di un elemento di armatura normale alla direzione di prova, preferibilmente nessuno, in caso contrario il provino deve essere scartato; inoltre i provini non devono contenere alcuna armatura in direzione parallela al loro asse longitudinale.
- La stima della resistenza caratteristica del calcestruzzo si baserà sui risultati ottenuti nelle prove a compressione su un numero n di provini estratti dalla porzione di struttura in esame tenuto conto che per ogni lotto di 100 m^3 di calcestruzzo indagato o frazione, il numero di provini n non deve risultare minore di quattro.
- Il diametro delle carote deve essere maggiore di almeno 3 volte la dimensione massima effettiva dell'aggregato e comunque maggiore di 100 mm. Il rapporto tra lunghezza e diametro dei provini deve essere possibilmente pari a 2 o comunque compreso tra 1 e 2.

Le carote una volta estratte, e i provini da esse successivamente ricavati, devono essere mantenuti umidi mediante idonei sistemi di protezione (teli umidi, sacchi chiusi, immersione in acqua, ecc.) fino alla prova di compressione; nelle lavorazioni di taglio e spianatura si deve evitare ogni essiccazione della superficie.

L'ESECUTORE deve eseguire le prove di compressione sulle carote esclusivamente presso Laboratori Ufficiali o Autorizzati come indicato al punto 6.5.1 della presente sezione di Capitolato, alla presenza del FERROVIE.

I dati riscontrati devono essere registrati dall'ESECUTORE con data, ora e punti di prelievo, comprensivi delle note di commento a cura delle FERROVIE.

Deve essere eseguita la misura della massa volumica media delle carote estratte dalla struttura (m_v). Il confronto con la massa volumica determinata in sede di prelievo di accettazione dei provini cubici (m_{v0}), compattati a rifiuto, porterà alla valutazione del grado di compattazione del calcestruzzo nella struttura: $G_c = m_v/m_{v0}$

Tale rapporto deve risultare maggiore di 0,95, ed in questo caso si procederà alla misura delle resistenze a compressione sulle carote, altrimenti l'elemento strutturale non può essere accettato.

Per la modalità di determinazione della resistenza strutturale e per i criteri di accettabilità si rimanda al par.

11.2.8 della Circolare 2/2/09 n. 617/C.S.LL.PP.

Controlli integrativi

Ad insindacabile giudizio delle FERROVIE, possono essere richiesti ulteriori controlli sul calcestruzzo di cui alle norme UNI EN 12504-2/3/4.

6.5.10 CARATTERISTICHE DELL'ACCIAIO D'ARMATURA PER C.A. E C.A.P.

6.5.10.1 Prescrizioni comuni alle tipologie di acciaio

L'ESECUTORE deve utilizzare acciai prodotti con un sistema di controllo permanente della produzione in stabilimento, mediante un sistema di gestione della qualità del prodotto certificato da parte di un organismo terzo indipendente che operi in coerenza con le norme UNI CEI EN ISO /IEC17021:2006.

La valutazione e il mantenimento della conformità del controllo di produzione in stabilimento e del prodotto finito avviene mediante marcatura CE ai sensi del Regolamento EU n.311/11 di recepimento della direttiva 89/106/CEE o, quando non applicabile, come nel caso delle armature per cemento armato, attraverso la procedura di qualificazione indicata nel DM 17.01.2018 p. 11.3.1.2, con rilascio di apposito Attestato di Qualificazione da parte del Servizio Tecnico Centrale (S.T.C.) della Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici che deve accompagnare tutte le forniture di acciaio.

Deve essere garantita l'identificazione e la rintracciabilità dei prodotti qualificati mediante apposita marchiatura, secondo quanto indicato nel suddetto DM 17.01.2018 p. 11.3.1.4, inserita nel Catalogo Ufficiale degli acciai qualificati depositato presso il S.T.C.

La marchiatura deve specificare in modo inequivocabile il riferimento all'azienda produttrice, allo stabilimento, al tipo di acciaio e alla sua eventuale saldabilità.

La stessa deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione. La sua mancanza, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rende il prodotto non impiegabile.

Le forniture devono inoltre essere provviste dell'apposito cartellino indicante la designazione del prodotto come indicato, ad esempio, nella norma UNI EN 10080.

Le FERROVIE, prima della messa in opera, verificheranno che tutte le forniture provenienti dallo stabilimento di produzione siano accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione e la corrispondenza del marchio riportato sulle armature con quello riportato sull'attestato stesso. Si precisa che per le barre ordinarie e per i rotoli è ammessa solamente la marchiatura di laminazione. Il documento di trasporto deve riportare altresì:

- la data di spedizione e le indicazioni relative alla quantità, al tipo, alla colata, al destinatario e all'opera per cui l'acciaio è destinato.
- l'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione (come indicato al par. 11.3.1.7 del DM).

Nel caso di fornitura effettuata da un centro di trasformazione (es. sagomatori o assemblatori) le FERROVIE verificheranno preliminarmente il possesso dei requisiti di cui al par. 11.3.1.7 del DM 17.01.2018; in particolare acquisiranno gli estremi dell'attestato di Denuncia dell'attività di Centro di trasformazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale del C.S. dei Lavori Pubblici in quanto un centro di trasformazione privo di tale attestato non può fornire acciaio presagomato.

Sul documento di trasporto delle forniture in cantiere devono essere indicati gli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione e il logo o il marchio del centro di trasformazione con

indicazione dell'utilizzazione prevista secondo il progetto approvato (opera, parte d'opera, posizione, numero totale dei ferri per posizione).

6.5.10.2 Acciaio per cemento armato

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciaio saldabile e ad aderenza migliorata, delle seguenti tipologie:

Acciaio per c.a. B450C

- Barre di acciaio ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 40 \text{ mm}$);
- Rotoli ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$);
- Reti elettrosaldate ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$);
- Tralici elettrosaldati ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$).

Acciaio per c.a. B450A

- Barre di acciaio ($5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$);
- Rotoli ($5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$);
- Reti elettrosaldate ($5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$);
- Tralici elettrosaldati ($5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$).

Tali prodotti possono essere utilizzati direttamente o come elementi di base per successive trasformazioni (saldature, sagomature ecc.). Le loro caratteristiche meccaniche devono rispettare i requisiti previsti dal DM 17.01.2018 - p. 11.3.2.1 e 11.3.2.2.

L'idoneità alla saldatura è condizionata dal non superamento dei valori di composizione chimica indicati nella tabella 11.3.II del DM 17.01.2018.

Se previsti da progetto possono impiegarsi altri tipi di acciaio quali gli inossidabili o gli zincati; per entrambi è richiesto il soddisfacimento dei requisiti indicati rispettivamente nei paragrafi 11.3.2.8.1. e 11.3.2.8.2. del medesimo DM.

Per gli zincati debbono essere eseguiti specifici controlli sullo spessore e sulla continuità del rivestimento, nonché sull'aderenza acciaio-rivestimento in osservanza della norma UNI 10622.

6.5.10.3 Controlli di accettazione in cantiere

I controlli sull'acciaio consegnato in cantiere sono disposti dalle FERROVIE sotto il proprio controllo diretto e devono eseguirsi prima della messa in opera del prodotto e comunque entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale in cantiere.

Le modalità di prelievo e di valutazione della conformità del prodotto sono quelle indicate al paragrafo 11.3.2.12, per barre e rotoli e per reti e tralici elettrosaldati, del DM 17.01.2018.

Su ciascun lotto di spedizione consegnato, formato da massimo 30 t, si dovranno prelevare n. 3 spezzoni di lunghezza non inferiore a 120 cm o n. 3 saggi ricavati da tre diversi pannelli (reti e tralici elettrosaldati), marchiati, dello stesso diametro e provenienti dallo stesso stabilimento di produzione. Qualora il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino una diversa provenienza, i controlli debbono essere estesi a ciascun lotto di provenienza.

Nel caso di armature provenienti da un Centro di Trasformazione, le FERROVIE potranno effettuare i controlli di accettazione anche recandosi presso il medesimo Centro.

In tal caso i prelievi verranno effettuati dal Direttore Tecnico del Centro di Trasformazione, secondo le disposizioni impartite dalle FERROVIE lì presenti, che si assicureranno mediante sigle, etichettature, ecc., che i campioni inviati al laboratorio incaricato siano quelli da lui prelevati e che sottoscriverà la richiesta specificando la struttura interessata dal prelievo.

I certificati di prova emessi dai laboratori devono contenere tutte le indicazioni elencate nel par. 11.3.2.12 del DM 17.01.2018 e la verifica delle tolleranze dimensionali riportate al par. 11.3.2.7 del DM 17.01.2018.

Le FERROVIE acquisiranno tali certificati di prova e confronteranno i valori riscontrati con quelli di accettazione riportati sulla tabella 11.3. VIIa del suddetto paragrafo.

Se i risultati delle prove sono maggiori o uguali al valore prescritto, il lotto consegnato deve essere considerato conforme altrimenti si dovrà procedere a ulteriori prelievi e prove secondo quanto stabilito nel par... 11.3.2.12 del DM 17.01.2018.

Per quanto riguarda la verifica delle tolleranze dimensionali, si precisa che per valori della sezione misurata compresa fra il 98% e il 100% della sezione teorica, il materiale sarà contabilizzato sulla base della sezione teorica stessa. Per valori della sezione misurata inferiori al 98%, ma superiori al valore limite ammesso per la tolleranza dal DM 17.01.2018, l'ESECUTORE dovrà procedere al reintegro della sezione mancante negli elementi strutturali ai quali l'armatura è destinata, o, in alternativa, potrà produrre, a sua cura e spese, calcoli di resistenza che giustifichino l'impiego del minor quantitativo di armatura. Quest'ultimo, nel caso di esito positivo delle verifiche, verrà contabilmente detratto dall'importo contrattuale.

Le FERROVIE, oltre alle prove previste dalla normativa, potranno disporre l'effettuazione di ulteriori controlli con le modalità che verranno a riguardo indicate.

Il materiale non ritenuto idoneo deve essere stoccato dall'ESECUTORE in apposita area.

L'ESECUTORE deve acquisire la documentazione su indicata e ne deve riportare gli estremi all'interno del "Registro dei ferri e prelievi" atto a consentire la rintracciabilità tra i singoli documenti di trasporto degli acciai, parte dell'opera dove lo stesso è stato impiegato e i relativi certificati di prova.

Tale documento deve formare oggetto di controllo da parte delle FERROVIE e del Collaudatore delle strutture.

6.5.10.4 Acciaio per cemento armato precompresso

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati secondo le procedure di cui al par. 11.3.1.2 del DM 17.01.2018 e controllati (in stabilimento, nei centri di trasformazione e in cantiere) con le modalità riportate al par. 11.3.3.5.4 dello stesso DM come di seguito indicato.

6.5.10.5 Controlli di accettazione in cantiere

I controlli in cantiere che le FERROVIE devono far eseguire sono regolati dal DM e devono avvenire secondo le modalità indicate dalla norma UNI EN ISO 15630-3 presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. Per ogni lotto di spedizione, di massimo 30 tonnellate, va eseguito un prelievo di tre saggi sui quali effettuare le prove per la determinazione dei corrispondenti valori minimi di:

- tensione di rottura (f_{pt});
- tensione di snervamento (f_{py});
- limite elastico allo 0.1% ($f_{p0.1}$);
- tensione corrispondente al 1% della deformazione totale (f_{p1}).

I risultati delle prove sono ritenuti compatibili se nessuno dei valori risulta inferiore ai corrispondenti valori dichiarati dal produttore.

Nel caso che anche uno solo dei valori minimi suddetti non rispetti questa condizione devono eseguirsi prove supplementari secondo la procedura indicata al par. 11.3.3.5.3 del DM.

Qualora la fornitura delle armature provenga da un centro di trasformazione, le FERROVIE,

esaminata preliminarmente la documentazione attestante il possesso dei requisiti che lo stabilimento è tenuto a trasmettergli, in analogia a quanto già indicato per le barre da cemento armato, potranno recarsi presso il medesimo centro ed effettuare tutti i controlli di legge.

6.5.11 NORME E REGOLE DI ESECUZIONE

6.5.11.1 Impiego di magrone o malta di livellamento

L'ESECUTORE, prima di effettuare qualsiasi getto di calcestruzzo di fondazione, deve predisporre sul fondo dello scavo già adeguato, uno strato di calcestruzzo magro (Tipo I della tabella 6.9.1) avente la funzione di piano di appoggio livellato e di cuscinetto isolante contro l'azione aggressiva del terreno.

Lo spessore minimo dello strato, se non diversamente previsto dai documenti di progetto, è 10 cm. L'ESECUTORE deve verificare che, prima di effettuare la posa in opera della malta di livellamento, le superfici siano accuratamente pulite.

6.5.11.2 Posa in opera delle casseforme

L'ESECUTORE deve comunicare preventivamente alle FERROVIE il sistema e le modalità esecutive che intende adottare per l'esecuzione dei getti, ferma restando l'esclusiva responsabilità dell'ESECUTORE stesso per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione delle opere provvisorie e della loro rispondenza a tutte le norme di legge e ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle. Il sistema prescelto deve essere atto a consentire la realizzazione delle opere in conformità alle disposizioni contenute nel progetto.

Nella progettazione e nell'esecuzione delle armature di sostegno, delle centinature e delle attrezzature di costruzione, l'ESECUTORE è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni e i vincoli che eventualmente fossero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata dall'intervento 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, tranvie;
- per le interferenze con servizi di soprassuolo o di sottosuolo.

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

Caratteristiche delle casseforme

È consentito l'uso di casseforme di tipo metallico, in legno o costituite da materiali fibrocompresi.

Dimensioni e spessori devono essere tali da garantire la stabilità del posizionamento, eventualmente ricorrendo a opportuni irrigidimenti o controventature.

Per l'ottenimento di superfici a faccia vista con motivi o disegni in rilievo, l'ESECUTORE deve verificare che siano adottate specifiche matrici in conformità a quanto previsto dal progetto approvato.

Nel caso di getti all'aperto in condizioni di temperatura sfavorevole (prossime ai limiti di accettabilità previsti per il calcestruzzo) l'ESECUTORE deve utilizzare casseforme di legno per la loro minore conducibilità termica, e deve curare che le stesse siano eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate, in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto.

Nel caso di cassetta a perdere inglobata nell'opera, l'ESECUTORE deve verificarne la funzionalità se è elemento portante e la non dannosità se è elemento accessorio.

Pulizia e trattamento

L'ESECUTORE deve avere cura che i casseri siano sempre puliti e privi di elementi che possano pregiudicare l'aspetto della superficie del conglomerato cementizio indurito e, quando necessario, prima di ogni getto, facendo uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui. Non è consentito l'utilizzo di prodotti potenzialmente macchianti o in grado di alterare la superficie di calcestruzzo in faccia vista.

L'ESECUTORE deve accertarsi che su tutte le casseforme di una stessa opera sia utilizzato lo stesso prodotto disarmante.

L'ESECUTORE per l'impiego e le prove sui prodotti disarmanti deve fare riferimento a quanto indicato nelle norme UNI 8866 parti 1 e 2.

Nel caso di utilizzo di casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto l'ESECUTORE deve fare uso di disarmante con agente tensioattivo secondo le modalità, tempistiche e quantità indicate dal produttore, o secondo le disposizioni di DL/AS, garantendo la vibrazione contemporaneamente al getto.

Per conglomerati cementizi colorati o con cemento bianco, nel caso di uso di disarmanti, l'ESECUTORE deve eseguire prove preliminari alla presenza delle FERROVIE per dimostrare che il prodotto usato non alteri il colore.

Legature delle casseforme e distanziatori delle armature

L'ESECUTORE deve verificare che i dispositivi che mantengono in posizione le casseforme, quando attraversano il conglomerato cementizio, non siano dannosi a quest'ultimo; ove possibile, gli elementi delle casseforme devono essere fissati nell'esatta posizione prevista usando fili metallici liberi di scorrere entro tubi di PVC o simile, questi ultimi destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio; dove ciò non fosse possibile, l'ESECUTORE può adottare altri sistemi da concordare con le FERROVIE.

Non è consentito l'uso di distanziatori di legno o metallici; sono ammessi distanziatori di plastica o in malta di cemento di forma cilindrica, semicilindrica o semisferica.

L'ESECUTORE deve verificare che la superficie del distanziatore a contatto con la cassaforma sia ridotta al minimo.

Giunti tra gli elementi di cassaforma

L'ESECUTORE deve verificare che i giunti tra gli elementi di cassaforma siano realizzati con ogni cura al fine di evitare fuoriuscite di boiaccia, irregolarità e sbavature; può essere richiesto da progetto che tali giunti debbano essere evidenziati.

L'ESECUTORE deve verificare che le riprese di getto in corrispondenza dei giunti di cassaforma sulla faccia vista siano delle linee rette e, qualora richiesto dalle FERROVIE, siano marcate con gole o risalti in profondità, da sigillare opportunamente all'occorrenza.

Controlli sulle casseforme

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, deve verificare la conformità delle casseforme riguardo ai seguenti punti:

- caratteristiche costruttive e strutturali;
- pulizia e trattamento;
- legature;
- giunti, in particolare nei punti di ripresa del getto;
- predisposizioni dei fori, delle tracce, delle cavità, ecc., previste nei disegni costruttivi;

- copriferro;
- prodotti disarmanti.

6.5.11.3 Posizionamento e realizzazione di gabbie di armatura e giunzioni

L'ESECUTORE deve, per quanto possibile, assicurare che siano garantite le seguenti condizioni:

- composizione fuori opera delle gabbie di armatura;
- in corrispondenza di tutti i nodi devono 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;
- posizione delle armature metalliche entro i casseri, utilizzando esclusivamente opportuni distanziatori di cui al punto 6.5.11.2;
- adozione di tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante il getto.

Nel caso di gabbie assemblate con parziale saldatura, la stessa, se eseguita in cantiere, deve essere autorizzata dalle FERROVIE dietro preventiva presentazione di un'adeguata procedura di lavoro che espliciti le modalità di esecuzione, i materiali e le attrezzature, nonché le qualifiche dei saldatori.

In questo caso l'ESECUTORE deve effettuare prelievi di barre con elementi di staffa saldati da sottoporre a prove di trazione e di resistenza al distacco presso laboratori di cui al punto 6.5, allo scopo di verificare anche che la saldatura non abbia provocato una riduzione di resistenza nelle barre.

Nel corso dei lavori le FERROVIE possono comunque richiedere ulteriori prove di controllo sulle saldature eseguite.

Nel caso d'impiego di manicotti filettati per la giunzione delle barre, l'ESECUTORE deve consegnare preventivamente alle FERROVIE, per accettazione, le schede tecniche dei prodotti che intende utilizzare.

Devono essere eseguiti i controlli previsti per le forniture di acciaio indicati al capitolo 6.5.10 della presente sezione di Capitolato.

In fase di posa e messa in opera deve essere eseguito prima del getto, il controllo, da parte delle FERROVIE, della conformità ai disegni e alle specifiche relativamente a:

- dimensioni e sagome delle barre;
- posizionamento e regolarità delle maglie;
- valore delle sovrapposizioni;
- legature e distanziatori (secondo quanto indicato al punto 6.5.11.2);
- maglia o terminale di messa a terra (se previsto);
- il controllo della pulizia dei ferri e degli eventuali inserti.

Le tolleranze relativamente alle armature da cemento armato sono indicate nel par. 6.5.15.

6.5.11.4 Posa in opera del calcestruzzo

6.5.11.4.1 Attività preliminari alla fase di getto

L'ESECUTORE è tenuto a presentare a FERROVIE, nei modi e nei tempi previsti dal Contratto, un programma dei getti che saranno eseguiti nella settimana lavorativa successiva, con indicazione di:

- data e ora di esecuzione del getto;

- ubicazione del getto (opera e parte d'opera);
- classe di resistenza del conglomerato cementizio, in accordo a quanto previsto dal progetto;
- metri cubi di calcestruzzo previsti;
- impianto di betonaggio di provenienza;
- riferimenti alla specifica documentazione di controllo approvata dalle FERROVIE.

Ogni variazione al programma deve essere comunicata (salvo casi dovuti a documentati motivi di sicurezza), in forma scritta, con un preavviso minimo di 1 giorno.

Inoltre l'ESECUTORE deve prevedere l'elaborazione di una procedura che specifichi le modalità di getto e di stagionatura delle opere/parti d'opera da realizzare, da trasmettere preventivamente per informazione a FERROVIE.

6.5.11.4.2 Esecuzione dei getti

L'ESECUTORE può iniziare le attività di getto solo dopo che le FERROVIE abbiano eseguito la verifica di conformità relativamente a piani di posa, casseforme, armatura, copriferro, inserti e quant'altro previsto dal progetto approvato. Al momento della messa in opera del conglomerato è obbligatoria la presenza di un responsabile tecnico dell'ESECUTORE.

Nel caso di getti contro terra l'ESECUTORE deve controllare che siano state eseguite, in conformità alle disposizioni di progetto e/o alle disposizioni delle FERROVIE:

- la pulizia delle superfici a contatto con il getto;
- la verifica del posizionamento di eventuali drenaggi, nonché la predisposizione dei mezzi per allontanamento/aggottamento delle eventuali acque d'infiltrazione;
- la stesa di materiale isolante o di collegamento.

Resta inteso che l'ESECUTORE deve provvedere al ripristino di eventuali cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento.

L'ESECUTORE deve accertarsi che lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme avvenga con tutti gli accorgimenti atti a evitarne la segregazione. L'altezza massima di caduta libera del calcestruzzo fresco, misurata dall'uscita dello scivolo o della bocca del tubo convogliatore, è pari a 100 cm.

Il calcestruzzo deve essere posto in opera e vibrato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee, perfettamente regolari, senza vespai o nidi di ghiaia ed esenti da macchie o chiazze.

Se non sia altrimenti stabilito in progetto, il calcestruzzo deve essere vibrato con un numero di vibratori a immersione o a parete determinato, prima di ciascuna operazione di getto, in relazione alla classe di consistenza del calcestruzzo, alle caratteristiche dei vibratori e alla dimensione del getto stesso; la durata della vibrazione è determinata dal tempo intercorso dall'immersione totale del vibratore fino all'affioramento in superficie della boiaccia. Per omogeneizzare la massa durante il costipamento di uno strato i vibratori a immersione devono penetrare per almeno 5 cm nello strato inferiore.

Deve essere garantita la continuità del funzionamento delle attrezzature, anche mediante apparecchiature di riserva allo scopo di evitare rallentamenti e/o interruzioni delle operazioni di costipamento.

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

La posa in opera deve essere eseguita mediante tubi-getto di ferro costituiti da segmenti di diametro

fino a 25- 30 cm e lunghezza fino a 3 m, aventi nella parte superiore una tramoggia a imbuto per il calcestruzzo. La bocca inferiore del tubo così realizzato deve restare costantemente sotto il livello del calcestruzzo già gettato, in modo da favorirne la risalita. Per i getti di pali e micropali e per quelli di paratie di pali e diaframmi si rimanda alle prescrizioni indicate rispettivamente nelle sezioni 7 e 8 del capitolato.

L'ESECUTORE, nel caso di riprese di getto, previste da progetto o concordate con le FERROVIE, al fine di assicurare un'adeguata continuità sia tra elementi strutturali contigui che tra parti di uno stesso elemento strutturale realizzate in tempi differenti, deve rispettare le prescrizioni di seguito riportate.

Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo fresco

L'ESECUTORE deve accertare in fase di qualifica che le caratteristiche della miscela possiedano requisiti tali da rendere compatibili i due getti, tenendo presente il tempo necessario per il ricoprimento del primo getto, il mantenimento della lavorabilità nel tempo, il tempo di presa del calcestruzzo già gettato. All'atto del getto dello strato successivo, la consistenza dello strato di primo getto deve essere almeno tale da permettere la penetrazione della vibrazione per uno spessore di qualche centimetro.

Per ottenere questi risultati l'ESECUTORE deve garantire tempi massimi per le interruzioni senza compromettere le caratteristiche di monolicità.

Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo indurito

L'ESECUTORE deve predisporre una superficie di ripresa, realizzando una scarifica meccanica del calcestruzzo indurito, procedendo, prima del nuovo getto, al lavaggio della superficie di ripresa con acqua in pressione in modo da eliminare la malta e lasciare esposto l'aggregato grosso.

L'eventuale utilizzo di prodotti filmogeni antievaporanti deve rispondere alla norma UNI 8656. L'ESECUTORE deve sottoporre all'approvazione delle FERROVIE la documentazione tecnica sul prodotto e sulle modalità di applicazione, deve accertarsi che il materiale impiegato sia compatibile con prodotti di successive lavorazioni (ad esempio con il primer di adesione di guaine per impermeabilizzazione di solette); viceversa, prima di eseguire il successivo getto, si deve ravvivare la superficie.

Per strutture sotto falda e, comunque, ogni volta che sia prescritto dal progetto e/o richiesto dalle FERROVIE, dopo aver reso scabra la superficie di ripresa, l'ESECUTORE deve posare una malta o un betoncino di collegamento con caratteristiche, preliminarmente verificate e approvate dalle FERROVIE in qualifica, di tenuta all'acqua e di ritiro compensato e realizzare il nuovo getto sulla malta ancora fresca.

L'ESECUTORE deve verificare che tra le successive riprese di getto non vi siano distacchi, discontinuità o differenze di aspetto e colore; in caso contrario deve applicare adeguati trattamenti superficiali concordati con le FERROVIE.

Getti in clima freddo

Conformemente a quanto indicato al punto 6.8.7 l'ESECUTORE deve verificare che la temperatura del calcestruzzo fresco al momento della consegna non sia minore di 5 °C. In condizioni di temperatura ambientale inferiore il getto può essere eseguito dietro il rispetto delle seguenti prescrizioni:

- nel caso in cui la temperatura dell'aria sia compresa fra 0° C e 5° C, la produzione e la posa in opera del conglomerato cementizio devono essere sospese, a meno che non sia garantita una temperatura dell'impasto durante la fase di getto non inferiore a 10°C; l'ESECUTORE può ottenere il rispetto di tale limite di temperatura anche mediante un adeguato sistema di preriscaldamento degli inerti e/o dell'acqua d'impasto all'impianto di betonaggio, con l'avvertenza che la temperatura raggiunta dall'impasto non sia superiore a 25° C.

- per temperature comprese fra -4°C e 0°C l'ESECUTORE può eseguire esclusivamente getti relativi a fondazioni, pali e diaframmi, ferme restando le condizioni dell'impasto di cui al punto precedente.
- salvo specifiche prescrizioni di progetto, da sottoporre comunque a preventiva approvazione del FERROVIE, non si deve procedere all'esecuzione di getti quando la temperatura dell'aria esterna è inferiore a -4°C .

L'ESECUTORE deve inoltre adottare le seguenti ulteriori precauzioni:

- eseguire opportune protezioni dei getti, concordate preventivamente con le FERROVIE, per permettere l'avvio della presa ed evitare la dispersione del calore di idratazione;
- eseguire una valutazione del tempo necessario al mantenimento delle cassaforme in relazione all'effettivo valore di temperatura ambientale;
- scegliere, per il getto, le ore più calde della giornata;
- in caso di presenza di neve e/o ghiaccio, prima del getto si deve accertarne l'avvenuta rimozione dai casseri, dalle armature e dal sottofondo.

Getti in clima caldo

Conformemente a quanto indicato al punto 6.5.4.7, l'ESECUTORE deve verificare che la temperatura dell'impasto fresco, misurata all'arrivo in cantiere, non deve eccedere i 30°C ; tale limite può essere superato qualora all'atto della qualifica della miscela sia stata prevista l'idoneità anche per temperature dell'ambiente superiori, mediante l'utilizzo di appositi additivi - come indicato al punto 6.5.8.2 - al fine di garantire il mantenimento dei tempi di presa e della classe di consistenza di progetto.

La temperatura delle casseforme metalliche, se maggiore di 30°C , deve essere ricondotta a tale valore con tolleranza di 5°C mediante preventivi getti esterni di acqua fredda.

Per realizzare una miscela di calcestruzzo entro i limiti di temperatura sopra indicati l'ESECUTORE deve procedere al raffreddamento degli aggregati stoccati con getti di acqua fredda di cui si deve evitare il ristagno, prevedendo un adeguato drenaggio, già in fase di qualifica, tenendo conto nel dosaggio della miscela dell'eventuale assorbimento di acqua negli aggregati.

Riguardo al mantenimento della classe di consistenza del calcestruzzo si deve fare riferimento a quanto indicato ai punti 6.5.3.5 e 6.5.4 in funzione del tipo di calcestruzzo come definito al punto 6.5.5.

L'ESECUTORE per i getti in clima caldo, asciutto e ventilato deve:

- eseguire i getti al mattino, alla sera o di notte;
- impiegare cementi a basso calore d'idratazione;
- impiegare additivi superfluidificanti per il mantenimento della lavorabilità;
- a fine getto mantenere bagnate le superfici del calcestruzzo per almeno due giorni.

Per quanto non esplicitato o non in contrasto con le specifiche di cui sopra, si deve fare riferimento alla norma UNI EN 13670.

6.5.11.4.3 Controllo termico del calcestruzzo

Conformemente a quanto indicato al punto 6.5.6.3, l'ESECUTORE deve eseguire il controllo termico dei getti in corso d'opera secondo le modalità di seguito indicate.

Calcestruzzi di tipo C1 (tabella 6.5.5.1)

L'ESECUTORE deve predisporre idonea strumentazione (termocoppie) al fine di:

- verificare che, sul primo manufatto/parte d'opera/getto realizzato con miscela omogenea, risulti: $\Delta T_{1max} < 40^{\circ}\text{C}$ (differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura considerata);
- definire, per ogni condizione di temperatura ambiente, i tempi di casseratura in modo che risulti: $\Delta T_{2max} < 20^{\circ}\text{C}$ (differenza tra la massima temperatura registrata con la sonda posizionata all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero e la temperatura ambiente).

Calcestruzzi di tipo C2 (tabella 6.5.5.1)

L'ESECUTORE deve predisporre idonea strumentazione (termocoppie) al fine di:

- verificare che, sul primo manufatto/parte d'opera/getto realizzato con miscela omogenea, risulti: $\Delta T_{1max} < 50^{\circ}\text{C}$ (differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura considerata);
- definire, per ogni condizione di temperatura ambiente, modalità e tempi di casseratura in modo che, fino alla rimozione dei casseri, siano verificate entrambe le seguenti condizioni: $\Delta T_{2max} < 20^{\circ}\text{C}$ (differenza tra la massima temperatura registrata con la sonda posizionata all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero e la temperatura ambiente) e $\Delta T_{3max} \leq 20^{\circ}\text{C}$ (differenza tra la temperatura del nucleo e la massima temperatura all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero).

Qualora si rendesse necessario, in mancanza di specifiche indicazioni progettuali, l'ESECUTORE deve sottoporre ad approvazione delle FERROVIE particolari accorgimenti da adottare per il rispetto delle suddette condizioni di temperatura (es. serpentine di raffreddamento o altro sistema).

Calcestruzzi di tipo F1 ed F2 (tabella 6.5.5.1)

L'ESECUTORE deve predisporre idonea strumentazione (termocoppie) al fine di verificare che sul primo manufatto/parte d'opera/getto realizzato con miscela omogenea, risulti: $\Delta T_{1max} < 40^{\circ}\text{C}$ (differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura considerata).

Calcestruzzi di tipo F3 (tabella 6.5.5.1)

L'ESECUTORE deve predisporre idonea strumentazione (termocoppie) al fine di:

- verificare che sul primo manufatto/parte d'opera/getto realizzato con miscela omogenea, risulti: $\Delta T_{1max} < 35^{\circ}\text{C}$ (differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura considerata);
- definire, per ogni condizione di temperatura ambiente, modalità e tempi di casseratura in modo che, fino alla rimozione dei casseri, siano verificate entrambe le seguenti condizioni: $\Delta T_{2max} < 20^{\circ}\text{C}$ (differenza tra la massima temperatura registrata con la sonda posizionata all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero e la temperatura ambiente) e $\Delta T_{3max} \leq 20^{\circ}\text{C}$ (differenza tra la temperatura del nucleo e la massima temperatura all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero).

Calcestruzzi di tipo G (tabella 6.5.5.1)

L'ESECUTORE deve predisporre idonea strumentazione (termocoppie) al fine di verificare che sul primo manufatto/parte d'opera/getto realizzato con miscela omogenea, risulti: $\Delta T_{1max} < 40^{\circ}\text{C}$ (differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura

massima di picco, misurata nel nucleo della struttura considerata).

Qualora si rendesse necessario, in mancanza di specifiche indicazioni progettuali, l'ESECUTORE deve sottoporre ad approvazione del FERROVIE particolari accorgimenti per il rispetto delle suddette condizioni di temperatura (es. serpentine di raffreddamento o altro sistema).

6.5.11.5 Stagionatura del calcestruzzo

L'ESECUTORE deve verificare che i metodi e la durata della stagionatura siano conformi a quanto stabilito dal progetto approvato, in modo da garantire:

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

L'ESECUTORE deve quindi prevedere per il periodo di stagionatura adeguati sistemi di protezione al fine di garantire al calcestruzzo il raggiungimento delle migliori caratteristiche sia al suo interno che in superficie.

Le protezioni messe in atto dall'ESECUTORE hanno lo scopo di impedire o quantomeno ridurre sensibilmente:

- l'essiccazione della superficie del calcestruzzo, evitando la minore idratazione del cemento che, in corrispondenza della zona del copriferro, è fonte di potenziale permeabilità di sostanze esterne;
- il rischio di fessurazione per effetto del ritiro igrometrico che comporta un'accelerata carbonatazione dello strato di copriferro cui può corrispondere un rischio di corrosione delle armature e comunque una minore resistenza meccanica locale;
- nel caso di basse temperature (punto 6.5.11.4.) il congelamento dell'acqua d'impasto e il rapido raffreddamento del getto, dovuti alla differenza di temperatura tra il manufatto e l'ambiente e quindi possibili cause di generazione di stati fessurativi.

La durata di una corretta stagionatura può essere ricondotta allo sviluppo della resistenza del calcestruzzo. A questo riguardo l'ESECUTORE può fare riferimento alla tabella 16 della norma UNI EN 206 in cui è indicata una classificazione in funzione del rapporto tra la resistenza media a compressione a 2 gg e quella a 28 gg, da intendersi determinato sulla base dei risultati di qualifica della miscela. A questo riguardo, sulla base dei medesimi dati di qualifica, l'ESECUTORE determinerà un tempo minimo per le operazioni di scasso (esulante dalle comunque prioritarie considerazioni di natura statica), analizzando, tra gli altri parametri, la curva di sviluppo della resistenza in funzione del tempo.

I metodi di stagionatura previsti dall'ESECUTORE devono essere preventivamente sottoposti all'esame delle FERROVIE che può richiedere apposite verifiche sperimentali.

Nel caso si prevedano nelle 24 ore successive al getto temperature dell'aria minori di 5°C o maggiori di 35°C l'ESECUTORE deve utilizzare esclusivamente casseri in legno o coibentati sull'intera superficie del getto ed eventualmente teli isolanti.

I materiali coibenti di cui l'ESECUTORE può fare utilizzo sono:

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

Per un più efficace utilizzo, tali materiali devono essere sempre protetti dall'umidità con teloni

impermeabili.

Si deve provvedere al mantenimento del corretto grado di umidità delle superfici per almeno le prime 48 ore dopo il getto, mediante utilizzo di prodotti filmogeni di cui al punto 6.5.11.4 applicati a spruzzo, ovvero mediante continua bagnatura con serie di spruzzatori d'acqua o con altri idonei sistemi.

Per la verifica della corretta e migliore stagionatura le FERROVIE potranno richiedere all'ESECUTORE l'utilizzo di apposite termocoppie in grado di rilevare la temperatura del calcestruzzo in prestabilite differenti parti della struttura (nucleo, periferia, copriferro interno), secondo le indicazioni del precedente punto 6.5.11.4.

L'ESECUTORE durante il periodo di stagionatura deve evitare che i getti subiscano urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

Per quanto non previsto dal presente Capitolato si può fare utile riferimento alla norma UNI EN 13670.

6.5.11.6 Operazioni di disarmo

L'ESECUTORE può procedere alla rimozione delle casseforme quando siano stati raggiunti i tempi di maturazione preventivamente determinati in funzione della minima resistenza ottenuta per la struttura e dal sufficiente grado d'idratazione raggiunto dal calcestruzzo, o secondo quanto indicato nel progetto approvato.

Eventuali elementi metallici, quali chiodi o reggette, che dovessero sporgere dai getti, devono essere tagliati almeno 1 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti accuratamente sigillati con malta fine di cemento ad alta adesione.

6.5.11.7 Caratteristiche superficiali dei getti

Per le superfici a faccia-vista, affinché il colore superficiale del calcestruzzo risulti il più possibile uniforme, l'ESECUTORE deve verificare e garantire che il cemento utilizzato in ciascuna opera provenga dallo stesso cementificio e sia dello stesso tipo e classe, che la sabbia provenga dalla stessa cava e abbia granulometria e composizione costante nel tempo.

Analogamente l'ESECUTORE deve garantire per le singole parti un medesimo trattamento di stagionatura, curando che l'essiccamento della massa del calcestruzzo sia lento e uniforme e il calcestruzzo risulti privo di efflorescenze; qualora queste ultime apparissero, sarà onere dell'ESECUTORE procedere alla tempestiva eliminazione mediante spazzolatura.

L'ESECUTORE deve evitare l'insorgenza di macchie di ruggine sulle superfici finite di calcestruzzo causabili dalla presenza temporanea dei ferri di ripresa scoperti e a diretto contatto con l'acqua piovana.

Nessun ripristino può essere eseguito dopo il disarmo del calcestruzzo senza il preventivo benestare delle FERROVIE, che deve autorizzare i materiali e la metodologia d'intervento proposti dall'ESECUTORE sulla base della causa e della tipologia del difetto. A questo riguardo l'ESECUTORE deve rispettare le indicazioni contenute nelle norme UNI EN 1504.

6.5.12 ELEMENTI PRECOMPRESSI

6.5.12.1 Posizionamento delle armature di precompressione

L'ESECUTORE deve attenersi rigorosamente alle disposizioni contenute nel progetto approvato, in particolare per quanto riguarda:

- il tipo, il tracciato, la sezione dei singoli cavi;
- i dispositivi speciali come ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa, ecc.;

- le fasi di applicazione della precompressione;
- la messa in tensione (da uno o da entrambi gli estremi);
- le eventuali operazioni di ritaratura delle tensioni.

Fatte salve indicazioni di progetto al riguardo, al fine di preservare le armature metalliche delle strutture in cemento armato precompresso dall'azione corrosiva delle correnti vaganti, l'ESECUTORE è tenuto a collegare tutti i ferri delle armature di precompressione tra loro nelle testate delle strutture mediante un conduttore di acciaio collegato ad un terminale da realizzare con un tondino di ferro dolce del diametro di 24 mm e sporgente dalla struttura per una lunghezza non inferiore a 20 cm.

Qualora tale procedimento non fosse possibile e, per motivi di sicurezza inerenti l'integrità delle armature di precompressione, sia prevista da progetto l'adozione di tecniche d'isolamento alternative, l'ESECUTORE deve verificare che i prodotti indicati siano idonei allo scopo e abbiano ottenuto l'approvazione del FERROVIE.

L'ESECUTORE, relativamente alla conformità dei manufatti in conglomerato cementizio armato precompresso, oltre a rispettare le prescrizioni di progetto, deve verificare quanto indicato nel par.6.19 circa le tolleranze costruttive.

6.5.12.2 Tesatura dei cavi di precompressione

L'ESECUTORE deve effettuare i controlli di conformità alle specifiche di progetto secondo i seguenti punti:

a) Preliminarmente alla messa in opera

L'ESECUTORE, prima delle operazioni di messa in tensione, deve redigere una relazione tecnica in cui dettagliare le modalità di applicazione della precompressione da trasmettere per approvazione alle FERROVIE.

I cavi d'armatura e i dispositivi speciali devono essere forniti di documentazione riportante:

- la provenienza e l'identificazione del lotto;
- l'idoneità del materiale;
- le certificazioni delle caratteristiche dei materiali.

b) Al momento del posizionamento

L'ESECUTORE deve verificare la conformità:

- del tipo e della geometria di ogni singolo cavo;
- dei dispositivi speciali (ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa);
- dell'avvenuta predisposizione dei tubi di sfiato per le guaine secondo le indicazioni di progetto.

c) Al momento della messa in tensione dei cavi L'ESECUTORE deve verificare che:

- la messa in tensione delle armature avvenga con apparecchiature corredate di certificazioni di taratura del dispositivo completo (martinetto+centralina); si devono utilizzare martinetti monotrefolo dotati di dispositivo che impedisca la rotazione del trefolo durante le fasi di tesatura;
- le operazioni di tesatura e delle eventuali ritesature delle armature siano registrate in specifica documentazione di controllo riportante i valori dei tassi di precompressione e degli allungamenti totali o parziali di ogni cavo.

d) Controlli sul lavoro finito

Le FERROVIE, nel caso in cui non abbiano avuto garanzia della perfetta riuscita dell'intasamento delle guaine, potranno richiedere all'ESECUTORE l'effettuazione di prove di tipo endoscopico su almeno il 20% dei cavi di precompressione e in almeno 3 punti per ogni cavo (estremità e mezzeria nel caso di travi appoggiate, comunque in relazione all'andamento deltracciato).

In caso di esito negativo delle suddette prove, si procederà all'estensione del controllo secondo insindacabile giudizio delle FERROVIE.

6.5.12.3 Dispositivi di ancoraggio

L'ESECUTORE deve verificare che i dispositivi di ancoraggio di estremità da impiegarsi per la precompressione a cavi scorrevoli (post-tensione) siano del tipo pressofuso e monoblocco. Tali dispositivi ai sensi del DM 17.01.2018 – p. 11.5 e dalla Circolare 617 C.S.LL.PP. 02/02/09 – p.11.5.1 devono essere dotati di marchio CE in conformità a specifico Benestare Tecnico Europeo, ovvero, mediante certificazione di idoneità tecnica a valenza esclusivamente nazionale, rilasciata dal S.T.C. del Ministero delle Infrastrutture.

Per le modalità di utilizzo di tali dispositivi (geometrie, dimensioni, distanze mutue e dal bordo della carpenteria, frettaggio, armature di dettaglio, etc.) l'ESECUTORE deve rispettare quanto riportato nei certificati di omologazione depositati.

6.5.12.4 Guaine ed iniezioni di malta

Per le caratteristiche delle guaine di acciaio, se previste in progetto, l'ESECUTORE deve fare riferimento ai requisiti minimi indicati nella norma UNI EN 523 – prospetto 1.

Per le guaine di plastica (pvc) della post-precompressione interna e aderente l'ESECUTORE deve rispettare le prescrizioni riportate nel Fib Bulletin 7 dal titolo "Guaine corrugate plastiche per post-tensione interna aderente (Corrugated plastic ducts for internal bonded post-tensioning)" del gennaio 2000.

Nelle strutture in cemento armato precompresso con cavi scorrevoli, allo scopo di assicurare l'aderenza e soprattutto proteggere i cavi dalla corrosione, l'ESECUTORE deve iniettare le guaine utilizzando una pasta di cemento fluida, a ritiro compensato e con adeguata resistenza meccanica, costituita da cemento, additivi ed acqua, non contenente cloruri o agenti che provochino espansione con formazione di gas aggressivi.

Eventuali additivi da impiegare per le malte devono rispondere ai requisiti della norma UNI EN934-4.

L'ESECUTORE deve procedere, prima dell'impiego, alle prove di qualificazione della malta cementizia che intende utilizzare e ottenerne l'approvazione da parte delle FERROVIE.

Caratteristiche della miscela fluida e relativi controlli

Per la qualificazione della pasta cementizia l'ESECUTORE deve eseguire oltre alle prove atte a determinare il soddisfacimento dei requisiti di base definiti dalla UNI-EN 447, utilizzando i metodi di prova definiti dalla UNI EN 445, anche i seguenti accertamenti:

- qualificazione delle materie costituenti la miscela, secondo le prescrizioni e modalità indicate nella sezione relativa alla qualificazione del calcestruzzo;
- verifica dell'assenza di cloruri, polvere di alluminio, coke o altri agenti che provocano espansione mediante formazione di gas;
- determinazione della massa volumica della miscela fresca che deve risultare $\geq 1,85 \text{ t/m}^3$;
- verifica dell'essudazione che non dovrà essere superiore al 2% del volume iniziale della miscela;
- determinazione dell'espansione, misurata in acqua dopo 2 giorni, che deve essere superiore al 4%;
- misurazione del tempo di inizio presa a 30 °C, misurato secondo la Norma UNI-EN 196/3, che deve essere superiore a tre ore ed il tempo di fine presa che deve essere inferiore a 6 ore, ad

umidità relativa del 75%.

L'ESECUTORE effettuerà le prove suddette presso un laboratorio di cui al punto 6.5 della presente sezione di Capitolato.

Modalità di preparazione e iniezione

L'ESECUTORE deve verificare prima della fase di iniezione che:

- l'impastatrice sia del tipo ad alta velocità con almeno 1500-2000 giri/min. E' vietato l'impasto a mano, e il tempo di mescolamento è fissato di volta in volta in base ai valori del cono di Marsh;
- prima della fase d'iniezione la miscela sia vagliata con setaccio avente maglia di 2 mm di lato; il trattenuto deve essere scartato;
- nel caso d'iniezione con pompa sia prescritta la presenza di tubi di sfiato in corrispondenza di tutti i punti più elevati di ciascun cavo, comprese le trombette e i cavi terminali. I tubi di sfiato devono essere presenti anche nei punti più bassi dei cavi lunghi e con forte dislivello;
- nel caso d'iniezione sottovuoto questa sia eseguita utilizzando un'apposita attrezzatura aspirante in grado di creare e mantenere, con la valvola di ingresso chiusa, una depressione di almeno 25 kPa nella guaina da iniettare per almeno 1 minuto. Inoltre si richiede che:
 - la pompa aspirante abbia una portata nominale di almeno 30 m³/h e sia accoppiata a un'idonea attrezzatura equipaggiata da contalitri per la misura del volume della guaina da iniettare;
 - l'iniezione possa essere eseguita solo dopo aver misurato il volume della guaina e verificato la possibilità di mantenere stabilmente nella medesima la depressione prescritta.

Durante l'iniezione l'ESECUTORE deve verificare che:

- le iniezioni siano eseguite possibilmente entro 7 giorni e comunque non oltre 15 gg dalla messa in tensione delle armature di precompressione;
- le condizioni climatiche (temperatura e presenza di gelo) siano tali da assicurare che la temperatura della struttura sia non inferiore a 5°C nelle 48 ore seguenti all'iniezione, e comunque garantendo l'utilizzo di apposita malta antigelo con tenore di 6-10% di aria occlusa;
- non vi siano possibilità d'infiltrazioni di aria nella guaina all'atto dell'immissione della pasta e per tutto il tempo dell'iniezione; gli eventuali punti d'infiltrazione devono essere individuati e sigillati;
- la pompa venga mantenuta in funzione fin quando la pasta non fuoriesce dal lato opposto della guaina in quantità almeno pari al volume equivalente a 50 cm di guaina, in modo da assicurare la completa rimozione di eventuali emulsioni protettive del cavo;
- la depressione nella guaina non superi i 35 kPa;
- il volume di pasta iniettata sia pressoché uguale al volume della guaina;
- quando la pasta fuoriesce dal lato opposto, si provveda a chiudere con una valvola il condotto di fuoriuscita e si prosegua a pompare fino a raggiungere la pressione di 500 kPa che deve essere mantenuta senza pompare per almeno 1 minuto;
- l'iniezione sia continua e non venga assolutamente interrotta. Nel caso d'interruzione superiore a 5 minuti il cavo venga lavato e l'iniezione ripresa dall'inizio;
- provveda con appositi contenitori, affinché la miscela di sfrido non venga scaricata sull'opera o attorno ad essa;
- durante le fasi di iniezione delle guaine, sia eseguita la misura del rapporto a/c e della fluidità sulla pasta cementizia in uscita ed in entrata per ogni impasto;

- l'iniezione continui finché la fluidità della pasta cementizia in uscita non sia analoga a quella della pasta cementizia in entrata con una tolleranza di \pm 4 secondi;
- nel caso d'interruzione di iniezione, sia controllato che il tempo intercorso fino alla ripresa delle operazioni rimanga inferiore a 5 minuti, annotando gli orari di interruzione e di ripresa.

6.5.13 ELEMENTI PREFABBRICATI

Per quanto riguarda il trasporto, la movimentazione e le tecniche di messa in opera degli elementi e del complesso strutturale, l'ESECUTORE dovrà fare riferimento ai documenti di progetto i quali dovranno contenere tutte le indicazioni del caso, come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni

- DM 17.01.2018, nel rispetto delle responsabilità e competenze delle diverse figure professionali stabilite dalle stesse norme.

Come prescritto al par. 11.8.1 del DM, gli elementi costruttivi di produzione occasionale (ad esempio quelli realizzati in impianti temporanei di prefabbricazione esterni al cantiere o allestiti a piè d'opera) devono comunque essere realizzati attraverso processi sottoposti a un sistema di controllo della produzione, secondo quanto indicato ai paragrafi 11.8.2, 11.8.3, 11.8.4 (per quanto esplicitamente applicabile al campo della produzione occasionale) della citata norma.

Per le definizioni e le caratteristiche di conformità degli elementi prefabbricati prodotti in serie dichiarata e controllata si rimanda al par. 4.1.10 del DM.

L'ESECUTORE dovrà far pervenire alle FERROVIE, all'atto della fornitura, i documenti di accompagnamento previsti al par. 11.8.5 del DM., in particolare le FERROVIE controlleranno che gli ambiti di competenza di ciascuna figura professionale richiamata nel citato decreto siano stati rispettati.

In caso di prodotti per i quali sia prescritta la marcatura CE, l'ESECUTORE dovrà consegnare alle FERROVIE, all'atto della fornitura, tutta la documentazione inerente la marcatura CE dei manufatti.

6.5.13.1 Controlli in fase di produzione degli elementi

Di seguito si riportano gli ulteriori controlli che l'ESECUTORE deve eseguire relativamente alla miscela di calcestruzzo:

Calcestruzzi di tipo A1 (tabella 6.5.5.1 e par 6.5.7)

- test di spandimento secondo norma UNI EN 12350-5 per l'accertamento visivo dell'assenza di segregazione;
- controllo del valore di R_{ck} misurato su provini stagionati in vasca di maturazione accelerata con lo stesso ciclo di vapore adottato per il manufatto e controllato mediante sonde di registrazione nel calcestruzzo fresco;
- controllo della resistenza caratteristica a trazione indiretta f_{ctk} (UNI EN 12390-6);
- controllo del modulo di elasticità del calcestruzzo (UNI EN 12390-136556).

Calcestruzzi di tipo B1 e B2 (tabella 6.5.5.1 e par 6.5.7)

- verifica del valore di R_{ck} allo scasso e del valore di penetrazione all'acqua (UNI EN 12390-8).

Di seguito si riportano gli ulteriori controlli che l'ESECUTORE deve eseguire relativamente al processo di produzione:

- le tolleranze sui casseri e sul posizionamento delle armature, quando non diversamente prescritto nel progetto approvato, devono essere conformi a quanto contenuto nel par 6.5.15;
- le operazioni di posa del calcestruzzo siano tali da consentire la necessaria compattazione con idonei strumenti e tali da escludere la possibilità di segregazione del calcestruzzo;
- in fase di stagionatura, nel caso di maturazione naturale, si devono evitare condizioni

ambientali estreme, in termini di temperatura, umidità e ventilazione.

In fase di stagionatura, nel caso di maturazione accelerata mediante trattamento termico a vapore, l'ESECUTORE deve determinare, in sede di qualifica, per via sperimentale il ciclo di maturazione più idoneo al raggiungimento delle caratteristiche strutturali richieste nei tempi dettati dal ciclo produttivo dichiarato; tale piano di stagionatura deve essere approvato dalle FERROVIE.

In questa circostanza l'ESECUTORE deve inoltre:

- garantire l'ottenimento di manufatti privi di cavillature, lesioni, ed effetti pregiudizievoli nell'aderenza dell'armatura;
- controllare le temperature e i tempi di detto ciclo mediante misure in continuo nell'ambiente di stagionatura e all'interno dei provini di calcestruzzo, utilizzando sonde o apparecchiature equivalenti in grado di registrare l'andamento delle temperature nel tempo;
- verificare che il tempo di prestagionatura, alla temperatura massima di 30 °C, non sia minore di due ore;
- verificare che la velocità di riscaldamento non sia superiore a 20°C/h;
- verificare che la temperatura del punto più caldo all'interno del calcestruzzo non sia superiore a 60°C;
- verificare che la fase di raffreddamento abbia una durata tale da garantire il raggiungimento della temperatura del manufatto a valori prossimi a quelli ambiente.

Nel caso di produzione occasionale degli elementi l'ESECUTORE deve assicurare inoltre che siano trascritti nel registro di produzione i seguenti dati:

- caratteristiche dei materiali impiegati;
- data e ora di inizio e fine getto;
- data e ora di rilascio di trecce/trefoli (per strutture pre-tese) o di tesatura dei cavi o barre (per strutture post-tese);
- tensione di tesatura delle armature di precompressione;
- per i manufatti pre-tesi allungamento a campione sul 30% di trecce/trefoli dritti e su tutti quelli eventualmente deviati;
- per i manufatti post-tesi allungamento parziale e totale di ogni cavo o barra.

In tale circostanza l'ESECUTORE deve inoltre effettuare la prova di carico su almeno i primi tre elementi prodotti a n. 3 cicli di carico, la cui entità e modalità di applicazione deve essere prevista nel documento di controllo dell'opera.

Prima di procedere allo scasso dei manufatti, e all'eventuale taglio dei trefoli nel caso di elemento precompresso, l'ESECUTORE deve accertare che sia trascorso il tempo necessario previsto dal piano di stagionatura e che il calcestruzzo abbia raggiunto la resistenza richiesta per quest'operazione, tenendo conto dell'attrito della cassaforma, delle azioni dinamiche, della posizione dei punti di sollevamento.

Nel caso di elementi prefabbricati precompressi l'ESECUTORE deve inoltre verificare che:

- il documento di controllo riporti il dettaglio delle grandezze da misurare, che deve comprendere almeno la verifica della deformata e, per un elemento ogni 10 prodotti, il controllo dimensionale rigoroso che, salvo limitazioni più restrittive previste in progetto, deve rispettare i valori indicati nel par.6.5.15;
- nel caso delle travi sia sempre misurato sia l'accorciamento assiale che le controfrecce; per un elemento ogni cinque questa misura andrà ripetuta dopo 3 giorni dalla tesatura e poi settimanalmente per tutta la fase di stoccaggio del manufatto;

6.5.13.2 Marcatura e stoccaggio

Ogni elemento prefabbricato deve riportare il numero di matricola, conformemente ai disegni o al catalogo di produzione, in modo da permetterne in qualsiasi momento l'identificazione.

Deve inoltre essere marcata la data di produzione e il peso dell'elemento qualora lo stesso costituisca parte strutturale dell'opera.

L'ESECUTORE deve garantire che:

- i materiali vengano posti a stoccaggio in maniera propria, evitando qualsiasi danneggiamento e la costante esposizione di una parte del manufatto a condizioni sistematicamente diverse dall'ambiente;
- sia rispettata la posizione dei punti di appoggio come da progetto, in modo da non indurre o favorire deformazioni lente e/o variazioni dimensionali tali da pregiudicare il montaggio stesso e/o un rilassamento dei cavi di precompressione non ammissibile;
- siano utilizzati appoggi per lo stoccaggio che riducano al minimo le tensioni interne per dilatazione o ritiro;
- sia indicato il tempo minimo e massimo di stoccaggio.

6.5.13.3 Trasporto e movimentazione

L'ESECUTORE deve garantire che modalità e tempi di trasporto del manufatto siano tali da evitare danneggiamenti allo stesso. A tal fine si rappresenta che:

- per il calcolo delle sollecitazioni durante queste fasi, qualora non diversamente determinato, si assumerà un'azione dovuta al peso proprio maggiorato del 30% per il trasporto su strada e del 20% per il trasporto in area di cantiere;
- nel caso di trasporto su strada, le azioni indotte dalla frenatura e dalla geometria stradale non possano compromettere l'integrità degli elementi;
- prima di effettuare la movimentazione dei manufatti deve essere accertata l'idoneità in termini di minima resistenza raggiunta;
- la movimentazione dei manufatti deve avvenire esclusivamente attraverso gli appositi dispositivi di ancoraggio incorporati nel manufatto medesimo.

6.5.14 CALCESTRUZZI SPECIALI

6.5.14.1 Calcestruzzo proiettato

L'impiego del calcestruzzo proiettato è soggetto al rispetto delle prescrizioni contenute nelle norme EN 14487-1 ed EN 14487-2; ad esse l'ESECUTORE deve attenersi per quanto non espressamente indicato nei punti successivi della presente sezione di Capitolato.

6.5.14.3.1 *Classificazione e designazione*

Il calcestruzzo proiettato dovrà essere designato indicando almeno:

- classe di resistenza a compressione
- classe di esposizione ambientale
- classe di resistenza del calcestruzzo proiettato giovane
- classe contenuto cloruri
- diametro massimo dell'aggregato.

In presenza di fibre nella miscela, dovrà essere precisata anche la classe di assorbimento dell'energia di deformazione.

Ulteriori requisiti potranno essere indicati negli elaborati progettuali in funzione delle specificità operative. È definita una classificazione del calcestruzzo proiettato in funzione dei parametri di seguito indicati: Classe di resistenza

In analogia con la norma UNI EN 206, le resistenze di riferimento dei calcestruzzi proiettati sono valutate su provini estratti per carotaggio in opera o da pannelli di prova e sono espresse in termini di resistenza caratteristica cilindrica con una sigla del tipo cp-fck. Per le prove le carote devono avere altezza pari al diametro; questo deve essere sempre maggiore ad almeno 3 volte la massima dimensione degli inerti di pezzatura maggiore con un minimo di 8 cm. La determinazione della classe di resistenza alla compressione monoassiale deve avvenire in conformità alla norma EN 12504-1 ed EN 13791.

Destinazione d'uso	Sigla	Classe di resistenza a compressione minima (norma EN 206)	Classe di assorbimento energetico minima (fibrorinforzato) (norma EN 14487-1)	Classe di sviluppo della resistenza minima a compressione a breve termine (norma EN 14487-1)	Impiego
Temporaneo non strutturale	TN	C 16/20	-	-	Sottofondi – Riempimenti
		C 16/20	E 700	J1	Protezione di scarpe provvisorie
		C 16/20	E 700	J1	Protezione superficiale
Permanente non strutturale	PN	C 16/20	-	-	Riempimenti
		C 16/20	E 700	J1	Protezione di scarpe
		C 16/20	-	-	Impermeabilizzazioni
Permanente strutturale	PS	C 25/30	E 700	-	Rivestimenti di gallerie
			E 700	-	Rivestimenti armati di scarpe
			E 700	-	Strutture monoguscio – Riparazioni
Temporaneo strutturale	TS	C 25/30	E 700	J2	Rivestimenti di prima fase di gallerie
		C 25/30	E 700	J1	Protezione superficiale

Tabella 6.5.14.1.1: Classificazione in funzione del campo d'impiego

Campo di impiego.

Nella tabella 6.5.14.1 sono indicate le resistenze minime richieste in termini di resistenza caratteristica cilindrica su carota, la classe di assorbimento energetico (se fibrorinforzato) e lo sviluppo della resistenza nelle prime 24 ore.

In funzione del campo d'impiego deve essere definita la classe di esposizione conformemente a quanto indicato al punto 6.5.4.

Sviluppo delle resistenze meccaniche del calcestruzzo giovane (fino a 24 ore).

In questo caso sono previste tre classi di sviluppo di resistenza in base al valore raggiunto dal calcestruzzo a determinate scadenze temporali come indicato nella figura seguente (norma EN 14487-1).

Energia di deformazione assorbita.

In questo caso si valuterà l'assorbimento dell'energia di deformazione secondo il procedimento indicato nella norma EN 14488-4.

Dalla piastra oggetto di punzonamento dovrà essere ricavata una coppia di carote per la successiva determinazione del contenuto di fibre secondo UNI EN 14487-7

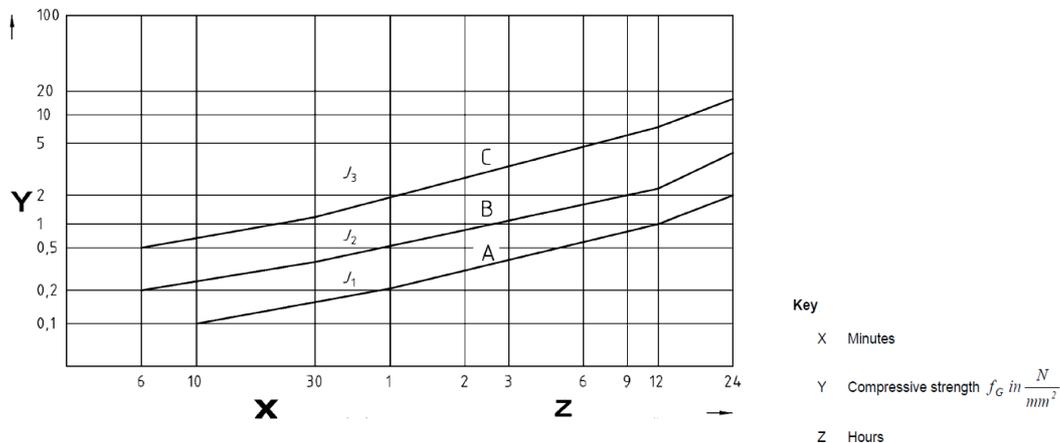


Figura 6.5.14.1.1 Sviluppo delle resistenze del calcestruzzo proiettato a breve termine (EN-14887-1).

1.3.1.1.5. Caratteristiche dei componenti

Per ciascun componente, ad esclusione degli inerti lapidei, deve essere disponibile una scheda tecnica e una scheda di sicurezza redatte in conformità alle prescrizioni della Direttiva CEE 91/155.

Cemento

Si rimanda a quanto indicato al par. 6.5.3.1 e alla norma UNI EN 14487-1.

Il minimo contenuto di cemento nella miscela base non deve essere minore di 300 kg/mc

Aggiunte per la miscela base

Qualora si debbano impiegare pigmenti quali aggiunte, questi non devono indurre reazioni nocive con la pasta cementizia o con gli additivi; l'efficacia e il dosaggio devono essere verificati mediante prove preliminari in condizioni analoghe a quelle operative.

L'utilizzo di fibre, sintetiche e/o metalliche, deve essere stabilito in relazione ai requisiti prestazionali e di durabilità previsti per il calcestruzzo proiettato; le specifiche di progetto devono definire il tipo di fibra, la sua forma, il dosaggio e la modalità d'immissione che deve essere tale da assicurare una distribuzione omogenea nella massa di calcestruzzo.

Su ogni singola confezione deve essere stampigliata la marcatura CE con il riferimento alla norma EN 14889-1 per le fibre metalliche ed EN 14889-2 per le fibre polimeriche, la sigla commerciale, la massa contenuta, la data e il luogo di produzione e il riconoscimento della partita al fine di individuare univocamente il materiale. La marcatura dovrà altresì riportare:

- la tipologia di fibra con la destinazione d'uso;
- materiale costituente la fibra;
- la classe (fibre polimeriche) rif EN 14889-2 o il gruppo (fibre di acciaio) rif EN 14889-1;
- la lunghezza, il diametro medio delle fibre e il rapporto di aspetto;
- la resistenza a trazione ed il modulo elastico delle fibre;
- gli effetti sulla lavorabilità in funzione del contenuto di fibre;

- gli effetti sulla resistenza in funzione del contenuto di fibre;

Dovrà essere fornita la documentazione tecnica a supporto dei valori riportati sulla marchiatura CE.

a) Fibre metalliche

Il dosaggio e il caricamento delle fibre devono avvenire per mezzo di un impianto automatico, provvisto di sbrogliatore nel caso di fibre sciolte, collegato al computer della centrale di betonaggio in grado di permettere la stampa in automatico di ogni singolo carico sulla bolla di consegna. Per la determinazione del contenuto di fibre nella miscela si deve fare riferimento al procedimento indicato nella norma EN 14488-7.

b) Fibre sintetiche

Possono essere usate fibre sintetiche, anche in aggiunta alle fibre metalliche.

Per la determinazione del contenuto di fibre nella miscela si deve fare riferimento al procedimento indicato nella norma EN 14488-7.

Per tali fibre devono essere dichiarati i trattamenti chimici e fisici o i rivestimenti superficiali utilizzati per migliorare la dispersione nel cls.

Aggregati

La dimensione massima dei granuli deve essere scelta in funzione del tipo di applicazione.

Per i calcestruzzi proiettati di classe TN o PN può essere utilizzata la gunita (miscela con aggregati aventi $D_{max} = 4$ mm).

Per le altre classi (Permanente strutturale e Temporaneo strutturale) la miscela deve essere realizzata con inerti aventi un diametro massimo nominale, D_{max} , non maggiore di 10 mm. Essi devono inoltre rispondere ai requisiti richiamati al par. 6.5.3.3 e la fornitura deve essere costituita da almeno due classi granulometriche separate.

Acqua

Si rimanda a quanto indicato al par. 6.5.3.4

Additivi per la miscela base

I riferimenti normativi sono indicati al punto 6.5.3.5 al quale si rimanda.

Quando si prevede l'utilizzo di additivi particolari quali inibitori temporanei di presa o coadiuvanti di pompaggio, l'efficacia ed il dosaggio di questi deve essere determinato mediante prove preliminari in condizioni analoghe a quelle operative.

Additivi acceleranti di presa e/o indurimento per la proiezione

L'eventuale impiego deve essere limitato ad un dosaggio non maggiore del 12% per additivi acceleranti alcalini mentre per additivi acceleranti "alkali free" il dosaggio massimo è pari al 8% in massa sul contenuto di cemento, garantendo un valore per la resistenza a compressione, a 28 giorni, maggiore o uguale alla minima richiesta dal progetto, nonché al 75% di quella misurata sui provini di calcestruzzo di riferimento.

L'eventuale calo di resistenza indotto dall'additivo non deve pregiudicare il mantenimento delle prescritte resistenze minime a compressione nel tempo e, nel caso di calcestruzzo proiettato temporaneo, con garanzia a 180 giorni dalla proiezione.

L'efficacia e il dosaggio di tali additivi devono essere determinati mediante prove preliminari in condizioni analoghe a quelle operative.

L'additivo deve avere un contenuto in alcali equivalente ($\text{Na}_2\text{O}+0,65\text{K}_2\text{O}$) minore dell'1% in massa e un contenuto di cloruri inferiore al 0.1%.

Nei calcestruzzi proiettati esposti ad attacco solfatico la quantità totale di alluminati contenuti negli additivi acceleranti di presa (espressi come Al_2O_3) deve essere minore dello 0,6% in massa del contenuto di cemento. Nel caso di acceleranti privi di alcali tale limite può essere incrementato a 1%.

Gli acceleranti non devono contenere più dell'1% di solfati (espressi come SO_3) sulla massa del cemento, mentre la quantità totale di solfati nella massa del calcestruzzo deve essere minore di 4,5%.

1.3.1.1.6. *Produzione*

Impianti di betonaggio

In aggiunta a quanto prescritto al par. 6.5.2, dosaggio e caricamento delle fibre devono essere effettuati in un impianto di betonaggio automatizzato, provvisto di sbrogliatore collegato al computer della centrale, in grado di permettere la stampa in automatico di ogni singolo carico sul report di consegna.

Deve essere dichiarata la sequenza di miscelazione raccomandata dal produttore e quella effettivamente utilizzata dal confezionatore all'impianto di betonaggio, per l'immissione delle fibre in fase di confezionamento

È consentito l'uso di fibre di lunghezza non superiore al 75% del diametro delle tubazioni

Campo prova

Per i calcestruzzi proiettati di tipo strutturale permanente e per quelli eseguiti come rivestimento di prima fase delle gallerie, deve essere condotta una preliminare sperimentazione in condizioni analoghe a quelle della prevista applicazione allo scopo di definire il mix ottimale con particolare riguardo alle caratteristiche ed ai dosaggi di aggiunte e additivi, nonché le modalità di proiezione.

L'ESECUTORE deve orientare lo studio di qualifica verso la scelta di una miscela in grado di raggiungere i valori di resistenza indicati nel progetto, tenendo anche conto della necessità operativa di ottenere uno sviluppo rapido della resistenza nel breve periodo nel rispetto delle classi di resistenza a breve termine esplicitate nella norma EN 14487-1.

Per quanto riguarda la resistenza a compressione, le prove devono essere condotte su carote prelevate in sito e da cassette. Per queste ultime il prelievo deve comprendere campioni di calcestruzzo ottenuti sia parallelamente che ortogonalmente alla direzione di getto.

Per i calcestruzzi fibrorinforzati dovranno essere effettuate anche prove per la determinazione della classe di assorbimento energetico con le modalità riportate nella norma EN 14488-4.

Preparazione dei pannelli di prova

Per la preparazione dei pannelli si devono utilizzare casseforme di acciaio o di analogo materiale rigido non assorbente.

Le dimensioni minime della cassaforma sono 60x60x15 cm con inclinazione delle pareti di 45° circa. Le casseforme durante la proiezione devono essere appoggiate possibilmente sulla parete da rivestire, con inclinazione massima di 20° sulla verticale, e riempite con la medesima attrezzatura, tecnica di proiezione, spessore unitario per passata e distanza di proiezione adottate durante il normale lavoro.

Le casseforme di prova riempite devono essere conservate nelle stesse condizioni ambientali delle pareti rivestite e devono essere siglate per la successiva identificazione (mix, luogo di proiezione, data, nome dell'operatore).

Le casseforme non devono essere movimentate per almeno 16 ore dopo la proiezione e durante il trasporto devono essere protette da urti e/o perdite di umidità. I pannelli, una volta rimossi dalle casseforme, devono essere conservati in condizioni normalizzate o nelle stesse condizioni ambientali delle pareti rivestite in relazione agli accordi stabiliti prima dell'inizio dei lavori.

Confezione della miscela nel processo per via secca

Nel caso di utilizzo del processo per via secca l'umidità della sabbia non deve essere maggiore del 6%.

Inoltre, nel caso di utilizzo di cementi a presa rapida e ultrarapida essa non deve superare il $3,5 \pm 0,5\%$. Nel caso di premiscelati, l'umidità degli aggregati prima della miscelazione non deve essere maggiore di 0,2 %. Deve inoltre essere utilizzato un premiscelatore per l'abbattimento delle polveri e per favorire la miscelazione dell'acqua con gli altri costituenti.

Posizionamento dell'armatura e inserti

Le eventuali reti di armatura devono essere fissate con almeno 3 chiodi/m² su un primo strato di conglomerato proiettato dello spessore di almeno 2-3 centimetri per evitare movimenti o distacchi durante la successiva proiezione.

Qualora per motivi progettuali od operativi sia necessario realizzare uno spessore di calcestruzzo proiettato maggiore di 15 centimetri deve essere prevista una seconda armatura da fissare con almeno 3 chiodi/m² sul doppio strato già in opera, in modo tale da garantire un copriferro finale di almeno 4 centimetri.

Nel caso di impiego di reti di armatura disposte in più strati, la distanza fra gli strati deve essere compresa fra 30 e 50 mm in relazione al diametro massimo degli aggregati. La distanza fra le reti deve essere assicurata da idonei distanziatori in numero adeguato o mediante presagomature delle retistesse.

Gli inserti, quali a esempio le canalette di drenaggio, casseforme a perdere e altri dispositivi che debbano essere inglobati nel calcestruzzo, devono essere saldamente fissati e lo spessore del loro ricoprimento deve superare i 4 cm.

Modalità esecutive

Per quanto non espressamente prescritto nei presenti paragrafi o indicato da DL/FERROVIE, per la posa in opera del calcestruzzo proiettato si dovranno osservare le modalità esecutive indicate nella norma UNI EN 14487-2

L'operatore alla lancia (lancista) deve essere in possesso di un attestato rilasciato sulla base di un corso di formazione e di un relativo esame teorico pratica, che ne certifichi capacità e competenze.

1.3.1.1.7. *Controlli sulla miscela*

Le frequenze minime di riferimento per l'esecuzione dei controlli sono quelle indicate nella tabella 6.18.1.4 di seguito riportata:

- Campionamento da calcestruzzo fresco e calcestruzzo indurito (norma EN-14488-1).
- Resistenza alla compressione del calcestruzzo giovane laddove richiesta secondo EN 14488-2 e EN 14487-1.
- Resistenza a compressione del calcestruzzo indurito con le modalità di cui alla norma EN 12504-1 alle scadenze previste (elaborati progettuali/capitolato), con valutazione della classe di resistenza secondo la norma EN 13791

- Determinazione energia assorbita (norma EN 14488-4).
- Spessore del calcestruzzo (norma EN 14488-6).
- Contenuto di fibre nel calcestruzzo proiettato fresco e indurito (norma EN 14488-7 metodo a e metodo b).
- Resistenza a compressione del calcestruzzo indurito (norma EN 12504-1) con valutazione della classe di resistenza secondo la norma EN 13791.
- Penetrazione dell'acqua in pressione (norma EN 12390-8).

Tabella 6.5.14.1.4: Frequenza minima dei controlli in corso d'opera in relazione ai m³ e ai m² prodotti

PROVA	Temporaneo non strutturale	Permanente non strutturale	Permanente strutturale / Temporaneo strutturale	Limiti di accettabilità
<i>Spessore (media di 4 saggi)</i>	<i>ogni 3000 m²</i>	<i>ogni 1000 m²</i>	<i>ogni 500 m²</i>	<i>Valore progetto</i>
<i>Contenuto di fibre nel calcestruzzo fresco (*)</i>	<i>ogni 3000 m²</i>	<i>ogni 3000 m²</i>	<i>ogni 100 m³ o ogni 500 m²</i>	<i>Valore progetto</i>
<i>Dosaggio dell'additivo per la proiezione</i>	<i>(-)</i>	<i>ogni 2000 m²</i>	<i>ogni 1000 m²</i>	<i><12% (con alcali)</i>
<i>Resist. a compress. (stima) del cls giovane (+)</i>	<i>ogni 5000 m² e almeno 1 volta ogni 2 mesi</i>	<i>ogni 5000 m² e almeno 1 volta ogni 2 mesi</i>	<i>ogni 2500 m² e almeno 1 volta al mese</i>	<i>Classe J progetto</i>
<i>Resistenza a compressione del cls indurito</i>	<i>ogni 1000 m³ e almeno 1 volta al mese</i>	<i>ogni 1000 m³ e almeno 1 volta a settimana</i>	<i>In base alle frequenze stabilite dal DM 14/01/08 per i controlli di legge e almeno 2 volte a settimana</i>	<i>Valore progetto</i>
<i>Contenuto di fibre nel calcestruzzo indurito (*)</i>	<i>ogni 2000 m³ o ogni 10000 m²</i>	<i>ogni 2000 m³ o ogni 10000 m²</i>	<i>ogni 400 m³ o ogni 2000 m²</i>	<i>≤10 %</i>
<i>Penetrazione dell'acqua sotto pressione</i>	<i>(-)</i>	<i>(-)</i>	<i>(-)</i>	<i>< 40 mm</i>
<i>Assorbimento di energia (Tenacità) (*)</i>	<i>ogni 2000 m³ o ogni 10000 m²</i>	<i>ogni 2000 m³ o ogni 10000 m²</i>	<i>ogni 400 m³ o ogni 2000 m²</i>	<i>Valore progetto</i>

(*) Solo per conglomerato cementizio fibrorinforzato (+) Se richiesto in funzione della tipologia di opera

(-) Se richiesto e con la frequenza prescritta dal progetto o su richiesta del Direttore Lavori

Sulla miscela allo stato fresco devono essere eseguite almeno le seguenti prove con le frequenze minime indicate o quelle più restrittive disposte da DL/FERROVIE:

REQUISITO	frequenza min.	valore limite/tolleranza
<i>rapp. a/c</i>	<i>250 mc</i>	<i>a/c_{max} progetto, +0,02</i>
<i>Massa volumica</i>	<i>250 mc</i>	<i>97% valore qualifica</i>
<i>Consistenza (slump test o tavola a scosse)</i>	<i>ogni prelievo/50 mc</i>	<i>classe progetto</i>
<i>Mantenimento lavorabilità</i>	<i>semestrale</i>	<i>Valore progetto, ≥60 min</i>
<i>Aria inglobata</i>	<i>250 mc</i>	<i>max 3%</i>
<i>Contenuto accelerante</i>	<i>ogni proiezione</i>	<i>Valore qualifica ±10%</i>
<i>Contenuto di fibre</i>	<i>1/50 mc o 1/250 mq</i>	<i>Valore qualifica ±10%</i>
<i>Acqua essudata</i>	<i>250 mc</i>	<i>< 0,1%</i>
<i>Contenuto di cloruri</i>	<i>1/500 mc</i>	<i>< 0,2%</i>

DL/FERROVIE potranno richiedere prove e verifiche aggiuntive sul calcestruzzo allo stato fresco o indurito.

6.5.14.2 Calcestruzzo rinforzato con fibre di acciaio

L'impiego è consentito se previsto da progetto con le modalità e specifiche indicate nella norma UNI 11039- 1.

6.5.14.3 Calcestruzzo autocompattante

L'impiego è consentito se previsto da progetto con le modalità e specifiche indicate nella norma EN 206:2014. In fase di progetto può essere preso a riferimento il documento "The European Guidelines for Self-Compacting Concrete (BIBM-CEMBUREAU-ERMCO-EFCA-EFNARC)".

6.5.15 TOLLERANZE COSTRUTTIVE

Si riportano nelle sottostanti tabelle le tolleranze dimensionali che L'ESECUTORE è tenuto a rispettare negli elementi realizzati in calcestruzzo armato e precompresso, oltre a quelle, eventuali, riportate nei disegni di progetto.

Per quanto non previsto dal presente Capitolato si può fare utile riferimento alla norma UNI EN13670.

OGGETTO DEL CONTROLLO	DESCRIZIONE E PARAMETRO DI CONTROLLO	TOLLERANZA (mm)		ULTERIORE LIMITAZIONE
1- Fondazioni: plinti, platee, solettoni ecc.	Posizionamento rispetto alle coordinate di progetto	±30		
	Dimensioni in pianta	-30	+50	
	Dimensione in altezza(superiore)	-5	+30	
	Quota altimetrica estradosso	-5	+20	
2- Strutture in elevazione: pile, spalle, muri ecc. Gli scostamenti dimensionali non devono ridurre i copriferri minimi prescritti. H in m e H/0,3 in mm	Posizionamento rispetto alle coordinate degli allineamenti di progetto	±20		
	Dimensione in pianta(anche per pila piena)	-5	+20	
	Spessori muri,pareti, pile cave o spalle	-5	+20	
	Quota altimetrica sommità	-15	+15	
	Verticalità per $0 < H \leq 6$ m	±20		
	Verticalità per $6 < H \leq 12$ m	± H/0,3		
3- Solette e solettoni per impalcati,solai in genere.	Spessore	-5	+10	
	Quota altimetrica estradosso	±10		
4- Vani, cassette, inserterie.	Posizionamento e dimensionamento vani e cassette	±15		
	Posizionamento inserti(piastre e boccole)	±10		
5- Travi prefabbricate (misurazioni sul cassero)	Lunghezza "L"	± L/2000		20
	Generica dimensione "D" della sezione retta	± D/200		2
6- Travi prefabbricate (misurazione sulla trave)	Posizionamento appoggi:direzione longitudinale (trave di lunghezza "L")	± L/2000		10
	Posizionamento appoggi: direzione trasversale	± 10		
	Posizionamento altimetrico appoggi(assoluto)	± 5		
	Posizionamento altimetrico appoggi(relativo ad altri appoggi della stessa travata sulla stessa pila)	± 2,5		
	Parallelismo-trasversale-tra contropiastra trave e contropiastra baggio	± 0,003		
	Lunghezza "L" trave	L/1000		20
	Dimensione globale "G" della sezione retta (es. altezza, larghezza ali)	G/200		4
	Spessore "S" anima	S/100		3
7- Armatura Nota: le tolleranze qui indicate non possono ridurre i valori indicati nelle norme vigenti,ove applicabili.	Lunghezza barra rettilinea	± 25		

OGGETTO DEL CONTROLLO	DESCRIZIONE E PARAMETRO DI CONTROLLO	TOLLERANZA(mm)		ULTERIORE LIMITAZIONE
(*) In ogni metro di manufatto il numero di barre/staffe deve essere quello di progetto. (**) Nel caso di sezione di fine manufatto deve comunque essere rispettato il copriferro prescritto.	Copriferro(elementi prefabbricati)	-0	+5	
	Copriferro(solette)	-0	+10	
	Copriferro(eccetto casi di cui ai punti 7.2 e 7.3)	-0	+15	
	Interasse staffe	± 20 (*)		
	Interasse barre	± 20 (*)		
	Armatura di precompressione (cavi e barre): posizionamento(verticale/orizzontale)	± 10		
	Armatura di precompressione (trefoli): posizionamento(verticale/orizzontale)	± 5		
	Punto terminale di barra rettilinea	± 50 (**)		
	Lunghezza di sovrapposizione o di ancoraggio	-25		
	Piastra di ancoraggio trefoli:inclinazione	1		

6.5.16 INTERVENTI DI RIPRISTINO E/O RINFORZO DI STRUTTURE DEGRADATE IN CALCESTRUZZO

Gli interventi di ripristino di strutture in calcestruzzo, cemento armato o cemento armato precompresso, che presentino danni che diminuiscono il livello di durabilità della struttura e quindi della sua vita di esercizio, devono essere affrontati avendo come obiettivo la cessazione dei processi di deterioramento o, quando questo non risulti possibile per condizioni al contorno, il rallentamento consistente dei processi in atto.

Per raggiungere tale obiettivo è indispensabile eseguire un piano d'indagini mirato al riconoscimento delle cause dei fenomeni di degrado, alla definizione delle aree su cui intervenire e degli spessori di calcestruzzo incoerente o contaminato da asportare.

Interventi di ripristino di strutture degradate sono frequentemente affiancati o divengono parte complementare di rinforzi strutturali o di adeguamenti. È pertanto molto utile poter utilizzare, quanto più possibile, materiali che possano avere requisiti idonei ad entrambe le categorie d'intervento cioè il ripristino ed il rinforzo. Un caso esplicativo e abbastanza frequente è la necessità nella stessa costruzione di ricostituire la sezione in alcuni elementi strutturali (ripristino) e in altri di realizzare il ringrosso della sezione (rinforzo- adeguamento).

Sia che si eseguano ricostituzioni della sezione originaria che ringrossi è necessario garantire:

- la monoliticità tra il vecchio calcestruzzo ed il materiale con cui vengono realizzati gli interventi;
- una elevatissima durabilità dei materiali utilizzati nei riguardi di agenti aggressivi dell'ambiente o di sostanze con cui vengono a contatto;
- l'assenza di stati fessurativi sulle superfici delle strutture, in modo da combattere l'ingresso di sostanze aggressive.

Per garantire durabilità agli interventi è necessario:

1. scegliere le tecniche più idonee in relazione agli spessori e al tipo di elemento su cui intervenire;
2. prescrivere i materiali da utilizzare indicando requisiti, metodi di prova e prestazioni;
3. descrivere in modo dettagliato tutte le procedure di realizzazione;
4. verificare, prima dell'inizio dei lavori, che i materiali proposti dall'impresa forniscano le prestazioni specificate nel presente Capitolato in riferimento alle lavorazioni dello specifico progetto. L'impresa dovrà presentare le schede tecniche e i certificati di laboratori ufficiali che attestino la marcatura CE e le prestazioni dei prodotti che intende utilizzare;

verificare, prima dell'inizio dei lavori, che le attrezzature che verranno utilizzate nelle varie fasi realizzative siano idonee e che l'intero processo realizzativo sia corrispondente a quanto previsto in progetto. Sarà compito della DL far eseguire campioni per accertare l'efficacia di ogni fase realizzativa.

6.5.16.1 Indagini

Il successo e la durabilità dell'intervento di ripristino non possono prescindere da un piano di indagine che consenta d'individuare i processi di degrado in atto in modo da definire tutte le procedure realizzative idonee a bloccarli o rallentarli.

È fondamentale definire il piano d'indagini in modo da verificare le condizioni degli elementi costituenti la struttura che molto raramente presentano gradi di degrado omogenei. Il piano d'indagini e la corretta interpretazione dei risultati sono elementi fondamentali per il progetto esecutivo dell'intervento, infatti consentono di definire:

- le aree su cui si deve intervenire;
- gli spessori d'intervento;
- le tecniche da utilizzare.

La fase successiva è la scelta prestazionale dei materiali in funzione dello specifico elemento da ripristinare e dei requisiti definiti necessari dal progettista.

La causa di degrado più ricorrente è generalmente la corrosione delle armature essa può avvenire per carbonatazione del calcestruzzo, per penetrazione di cloruri o per la presenza di correnti vacanti.

Il calcestruzzo carbonatato non è più in grado di passivare le armature, pertanto se il calcestruzzo è carbonatato per uno spessore superiore allo spessore del copriferro possono crearsi le condizioni per l'innescarsi nelle armature di processi di corrosione. L'attacco in questo caso si presenta uniformemente distribuito sull'intera superficie dell'armatura.

Se la corrosione è causata dalla penetrazione di cloruri fino a raggiungere i ferri d'armatura (il tenore critico è pari a 0,2 o 0,4 % rispetto al peso del cemento a seconda che si tratti di strutture con armature lente o strutture precomprese) la corrosione è di tipo localizzato.

A seguito di tali considerazioni le indagini più ricorrenti sono volte a determinare la profondità di carbonatazione e/o la concentrazione dei cloruri.

Altre indagini utili possono essere:

- determinazione sui diversi elementi strutturali dei reali spessori di copriferro, informazione fondamentale per stabilire se le armature siano a rischio di corrosione;
- misura del potenziale di corrosione delle armature (Norma UNI 9535) per verificare l'eventuale presenza di fenomeni di corrosione in atto e avere una prima informazione sulla loro entità
- analisi chimico-fisiche per verificare se siano in atto processi di degrado del calcestruzzo causati per esempio da problemi di alcali reazione, attacco solfatico, attacco acido ecc.

6.5.16.2 Stato di conservazione delle strutture

L'entità del degrado relativo ad ogni singolo elemento della struttura, derivante dall'interpretazione dei dati ottenuti dal piano d'indagine, può essere classificato come segue:

- Inesistente.
- In fase d'innesco, non si è evidenzia alcun tipo di danno.
- Superficiale, gli spessori da ripristinare sono pari a 1-10 mm.
- Medio, gli spessori da ripristinare sono pari a 10-50 mm.
- Profondo, gli spessori da ripristinare sono pari a 60-100 mm.
- Molto profondo, gli spessori da ripristinare sono > 100 mm.

Avendo definito il grado di degrado, individuato l'estensione delle aree su cui intervenire e gli spessori d'intervento è possibile definire la tecnica realizzativa più appropriata (protezione, rasatura, rinzafo o spruzzo, colaggio, incamiciatura) in relazione al tipo di elemento sui cui si deve intervenire.

L'entità del degrado relativo ad ogni singolo elemento della struttura, derivante dall'interpretazione dei dati ottenuti dal piano d'indagine, può essere classificato come segue:

	LIVELLO DEGRADO	TECNICA
1	Inesistente	PROTEZIONE
2	In fase d'innesco, non si evidenzia alcun tipo di danno	PROTEZIONE
3	Superficiale, gli spessori da ripristinare sono pari a 1-10 mm	RASATURA
4 a	Medio, gli spessori da ripristinare sono pari a 10-50 mm elementi verticali	RINZAFFO SPRUZZO
4 b	Medio, gli spessori da ripristinare sono pari a 10-50 mm elementi orizzontali	COLAGGIO
5	Profondo, gli spessori da ripristinare sono pari a 60-100 mm	COLAGGIO- INCAMICIATURA

6.5.16.3 Materiale per il ripristino/rinforzo – criteri generali

I materiali da utilizzare per il ripristino e/o il rinforzo devono possedere la marcatura CE secondo la UNI EN 1054 parte 3, specifica per la ricostituzione o il ringrosso di sezioni di strutture in calcestruzzo.

Tale normativa indica i requisiti di base ai quali il progettista può affiancare ulteriori requisiti necessari per realizzare l'intervento specifico.

La scelta del materiale più idoneo per realizzare lo specifico intervento deve essere effettuata confrontando i requisiti e le prestazioni richieste in fase progettuale con i requisiti e le prestazioni fornite dai prodotti disponibili sul mercato.

I fondamentali macro requisiti che un materiale per la riparazione, il ripristino o il rinforzo di strutture in c.a. deve garantire possono essere così sintetizzati:

- a. Massima compatibilità con il calcestruzzo;
- b. Monoliticità con il supporto;
- c. Durabilità;
- d. Semplicità e rapidità di esecuzione.

Compatibilità con il calcestruzzo

I materiali cementizi assicurano caratteristiche generali molto simili a quelle del calcestruzzo quali per esempio il processo d'invecchiamento (entrambi inorganici), moduli elastici e coefficienti di dilatazione termici dello stesso ordine di grandezza.

I materiali a base di resina vengono generalmente utilizzati per interventi di ripristino particolari quali: l'iniezione di fessure, la protezione da sostanze aggressive con sistemi filmogeni o per incollaggi e inghisaggi.

Monoliticità con il supporto

I prodotti "normali/tradizionali" a base cementizia sono caratterizzati da fenomeni di ritiro a lungo termine (ritiro igrometrico) che li rendono inadatti (fessurazioni, perdita di aderenza con il supporto) ad essere utilizzati per gli interventi di ripristino e/o rinforzo.

Per garantire la monoliticità in modo semplice ed affidabile sono ormai in uso da anni prodotti cementizi premiscelati che garantiscono una fase espansiva (anche quando sono maturati a contatto con l'ambiente, condizione reale di utilizzo), che compensi il ritiro igrometrico a lungo termine che se non compensato genererebbe perdite di aderenza e stati fessurativi di una certa entità. È indispensabile che l'espansione non si sviluppi liberamente, ma che venga contrastata in questo modo si creano le condizioni per una precompressione chimica.

Il contrasto all'espansione viene realizzato mediante:

- un opportuno irruvidimento del supporto, operazione che comunque deve essere effettuata allo scopo di asportare il materiale degradato, contaminato o incoerente;
- l'utilizzo di materiali contenenti fibre inorganiche (idonei sia per applicazioni a spruzzo o per colaggio) o metalliche (idonei esclusivamente per applicazioni per colaggio) che consentono il contrasto all'espansione anche per interventi di spessore superiore a 30 mm.

Il requisito della capacità di fornire un'espansione contrastata con maturazione in aria è facilmente verificabile con una prova specifica la UNI 8147 parte seconda che prevede la maturazione dei provini in aria e non in acqua e, disponendo della semplice attrezzatura prevista. Tale verifica potrà essere eseguita anche in cantiere.

Durabilità

I materiali cementizi, utilizzati per la riparazione, il ripristino o il consolidamento devono essere totalmente o quasi totalmente premiscelati, così da garantire un'elevata durabilità, e caratterizzati da una bassissima porosità capillare e caratteristiche fisico-meccaniche che garantiscono elevata:

- Resistenza alla carbonatazione;
- Impermeabilità;
- Resistenza ai cloruri;
- Resistenza gelo – disgelo;
- Resistenza ai solfati.

Un'ulteriore fondamentale requisito per garantire elevata durabilità all'intervento ed aumentare di conseguenza la vita utile della struttura è quello di combattere la formazione di stati fessurativi, questi diverrebbero vie d'accesso preferenziali per l'ingresso di sostanze aggressive che potrebbero innescare nuovamente processi di degrado.

La fessurazione a breve termine è generata dal ritiro in fase plastica e deve essere combattuta:

- utilizzando malte cementizie premiscelate contenenti un numero elevatissimo di piccolissime fibre in poliacrilonitrile che costituiscono una armatura diffusa omogeneamente distribuita all'interno della massa. La natura acrilica della fibra consente di utilizzare fibre di ridottissima lunghezza che, anche se utilizzate in quantità elevate, non pregiudichino le caratteristiche reologiche delle malte;
- realizzando anche una opportuna frattazzatura delle superfici.

La fessurazione a lungo termine è generata dal ritiro igrometrico il cui effetto viene eliminato realizzando una precompressione chimica basata sul principio dell'espansione contrastata con maturazione in aria.

Semplicità e rapidità di esecuzione

La grande maggioranza degli interventi vengono realizzati con le strutture in esercizio, molto spesso sotto traffico, in condizioni ambientali non ideali. È quindi fondamentale utilizzare materiali:

- semplici da miscelare e mettere in opera;
- non eccessivamente influenzati da condizioni di temperatura, umidità e ventilazione;
- che sviluppino buone prestazioni meccaniche ed aderenze a stagionature anche brevi.

A seguito delle considerazioni precedenti i principali requisiti possono essere riassunti dalla seguente tabella:

Bleeding, UNI 8998 (*)
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17
Resistenza a compressione, UNI EN 12190
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1(*)
Modulo elastico, UNI EN 13412
Espansione contrastata con stagionatura in aria ad 1 giorno, UNI 8147

Espansione contrastata con stagionatura in acqua ad 1 giorno, UNI 8147
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test) (*)
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542 dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo UNI EN 13687/1
Resistenza al taglio, UNI EN 12615 (*)
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295
Porosità capillare, UNI EN 13057 (*)
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8
Reazione al fuoco UNI EN 1504-3 art. 5.5

Parte dei requisiti sopra elencati sono richiesti per la marcatura CE secondo la UNI EN 1504-3, altri (contrassegnati con (*)) sono necessari per una maggiore ingegnerizzazione della scelta dei materiali in relazione alle specifiche esigenze dell'intervento.

6.5.16.4 Sintesi del processo progettuale

È possibile sintetizzare il processo dell'intervento nella seguente tabella che consente di avere una visione complessiva delle situazioni che si possono presentare, collegate con la definizione dei materiali utilizzabili.

STATO DEL DEGRADO	SPESSORE	INTERVENTO TECNICA	MODALITA' APPLICATIVA	DESCRIZIONE PRODOTTO
Degrado superficiale/leggero	1-10 mm	Rasatura	Sabbiatura Idrosabbiatura	malta cementizia, premiscelata, tixotropica, polimeromodificata, monocomponente, a granulometria fine, contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.. Spessori da 1 a 3 mm.
				malta cementizia, premiscelata, tixotropica, a granulometria media, polimeromodificata, bicomponente, contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 4 a 20 mm.
Degrado medio struttura <u>verticale</u>	10-50 mm	Spruzzo	Idrodemolizione Fresatura Martelletti meccanici	malta cementizia, premiscelata, tixotropica, contenente fibre inorganiche necessarie, insieme alla ruvidità del supporto, a garantire il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 10 a 50 mm.
				malta cementizia, premiscelata, tixotropica, a granulometria media, polimeromodificata, bicomponente, contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 10 a 50 mm.
Degrado medio struttura <u>orizzontale</u>	10-50 mm	Colaggio	Idrodemolizione Fresatura Martelletti meccanici	malta cementizia, premiscelata, fluida, contenente fibre inorganiche necessarie a garantire, insieme alla ruvidità del supporto, il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 10 a 50 mm.
Degrado profondo	60-100 mm	Colaggio, incamicatura	Idrodemolizione Fresatura Martelletti meccanici	betoncino, cementizio, premiscelato, fluido, contenente fibre inorganiche necessarie a garantire, insieme alla ruvidità del supporto, il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 60 a 100 mm.
				betoncino cementizio, ottenuto aggiungendo circa il 35 % in peso di aggregato selezionato, privo di impurità, ben lavato ed avente diametro minimo di circa 6 mm, diametro massimo di circa 10 mm ad una malta cementizia, premiscelata, fluida, contenente fibre inorganiche necessarie a garantire, insieme alla ruvidità del supporto, il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 60 a 100 mm.
Interventi rapidi	10-150 mm	Colaggio rapido	Idrodemolizione Fresatura Martelletti meccanici	malta cementizia, premiscelata, fluida, a rapido sviluppo delle resistenze meccaniche anche a basse temperature fino a -5°C. Contente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 10 a 150 mm.

Nei paragrafi successivi si forniranno per ogni entità di degrado i requisiti e le prestazioni che dovranno garantire i materiali utilizzabili e la descrizione del processo esecutivo relativo alla singola tecnica d'intervento.

6.5.16.5 Livello di degrado – tecnica d'intervento - caratterizzazione prestazionale dei materiali

Il progettista, avendo individuato la causa del processo di degrado, il livello di degrado, per interrompere i processi di degrado ed evitare che non si presentino in futuro indicherà le aree su cui intervenire, gli spessori di calcestruzzo degradato, contaminato o incoerente da eliminare e stabilirà gli spessori di materiale da applicare prescrivendo la tecnica più appropriata.

6.5.16.6 Degrado superficiale – spessori 1 -10 mm -rasatura

La rasatura è la tecnica utilizzata per ripristinare superfici caratterizzate da un degrado superficiale limitato a qualche millimetro di spessore o per sanare superfici di calcestruzzo faccia a vista che presentino difetti realizzativi quali armature affioranti o copriferri ridottissimi, vespai, vaiolature, sbeccature, assenza di planarità.

Le fasi realizzative possono essere così riassunte:

1. Preparazione della superficie mediante sabbiatura o idrosabbiatura.
2. Pulizia e pulizia delle armature eventualmente scoperte al fine di asportare eventuali porzioni di armatura ossidate in fase di distacco e successiva passivazione.
3. Pulizia e lavaggio della superficie di supporto.
4. Miscelazione che dovrà avvenire secondo le indicazioni riportate nella scheda tecnica del prodotto prescelto.
5. Applicazione utilizzando macchine spruzzatrici o manuale mediante spatola dentata.
6. Finitura superficiale a frattazzo.

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sottoindicate.

Spessori di applicazione 1-3 mm - malta cementizia, tixotropica, premiscelata, polimeromodificata, monocomponente

Si utilizzerà una malta cementizia, premiscelata, tixotropica, polimeromodificata, monocomponente, a granulometria fine, contenente fibre in poliaccrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Applicabile su supporto sabbiato o idrosabbiato.

Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 10MPa 7 giorni ≥ 25MPa 28 giorni ≥ 35 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1 giorno ≥ 2 7 giorni ≥ 5 28 giorni ≥ 7
Modulo elastico, UNI EN 13412	15 ÷ 18 GPa
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542 dopo 50 cicli di gelo disgelo, UNI EN 13687/1	≥ 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0,5 kg x m ⁻² x h ^{-0.5}
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8	≤ 15 mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe E

Spessori di applicazione 4-10 mm - malta cementizia, tixotropica, premiscelata, polimeromodificata, bicomponente

Si utilizzerà una malta cementizia, premiscelata, tixotropica, a granulometria media, polimeromodificata, bicomponente, contenente fibre in poliaccrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Applicabile su supporto sabbato o idrosabbato.

Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 15 MPa 7 giorni ≥ 25 MPa 28 giorni ≥ 35 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1 giorno ≥ 2 MPa 7 giorni ≥ 3 MPa 28 giorni ≥ 5 MPa
Modulo elastico, UNI EN 13412	14 ÷ 18 GPa
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542, dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo UNI EN 13687/1	≥ 2 MPa
Resistenza al taglio, UNI EN 12615	≥ 6 MPa
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Provasuperata
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0,5 kg x m ⁻² x h ^{-0,5}
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8	≤ 15 mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe E

6.5.16.3.1 *Degrado medio – spessore 10-50 mm - strutture verticali o “sopratesta” - spruzzo o rinzaffo*

La ricostituzione o il ringrosso di sezioni di elementi verticali in spessore minimo pari a 10 mm e massimo pari a 50 mm si realizza utilizzando malte cementizie premiscelate tixotropiche, espansive in aria o polimero modificate, applicate meccanicamente mediante macchine spruzzatrici non a ciclo continuo o mediante applicazione manuale a rinzaffo con cazzuola. L'applicazione manuale è consentita solo nel caso d'interventi di limitata estensione.

Le fasi realizzative possono essere così riassunte:

1. Asportazione del calcestruzzo degradato, contaminato o incoerente mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa, macchine idrodemolitrici, frese.
2. Posa in opera di eventuali armature strutturali aggiuntive avendo cura di garantire un copriferro di almeno 20 mm.
3. Pulizia delle armature eventualmente scoperte al fine di asportare eventuali porzioni di armatura ossidate in fase di distacco.
4. Pulizia e saturazione con acqua in pressione della superficie di supporto.
5. Accurata miscelazione che dovrà avvenire secondo le indicazioni riportate nella scheda tecnica del prodotto prescelto.
6. Applicazione utilizzando macchine spruzzatrici o manuale a rinzaffo o mediante cazzuola.
7. Finitura superficiale a frattazzo.

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sottoindicate.

Malta cementizia, tixotropica, premiscelata, ad espansione contrastata con stagionatura in aria, contenente fibre inorganiche

Si utilizzerà una malta cementizia, premiscelata, tixotropica, contenente fibre inorganiche necessarie, insieme alla ruvidità del supporto, a garantire il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contiene fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Applicabile su supporto macroscopicamente irruvidito con macchine idrodemolitrici, con frese, o martelletti meccanici.

Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 20 MPa 7 giorni ≥ 50 MPa 28 giorni ≥ 60 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1 giorno ≥ 4 MPa 7 giorni ≥ 7 MPa 28 giorni ≥ 10 MPa
Modulo elastico, UNI EN 13412	26 ÷ 30 GPa
Espansione contrastata con stagionatura in aria ad 1 giorno, UNI 8147 parte seconda	≥ 0,04%
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test)	Nessuna fessura
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542 dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo UNI EN 13687/1	≥ 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Provasuperata
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0,30 kg x m ⁻² x h ^{-0,5}
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8	≤ 5 mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art 5.5	Classe A1

Malta cementizia, tixotropica, premiscelata, polimeromodificata, bicomponente

Si utilizzerà malta cementizia, premiscelata, tixotropica, polimero modificata, bicomponente, contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Applicabile su supporto irruvidito con macchine idrodemolitrici, con frese, o martelletti meccanici; può essere applicata, oltre che su supporti macroscopicamente ruvidi, anche su supporti solamente sabbiati od irruviditi con acqua in pressione a circa 300-500 bar in funzione degli spessori da realizzare.

Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 20 MPa 7 giorni ≥ 40 MPa 28 giorni ≥ 55 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1 giorno ≥ 3 MPa 7 giorni ≥ 6 MPa 28 giorni ≥ 8 MPa
Modulo elastico, UNI EN 13412	23 ÷ 27 GPa
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test)	Nessuna fessura
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542 dopo 50 cicli di gelo disgelo, UNI EN 13687/1	≥ 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0,5 kg x m ⁻² x h ^{-0,5}
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8	≤ 15 mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe E

1.3.1.1.8. *Degrado medio – spessori 10-50 mm - strutture orizzontali – colaggio*

La ricostituzione o il ringrosso di sezioni di elementi orizzontali in spessore minimo pari a 10 mm e massimo pari a 50 mm si realizza utilizzando malte cementizie premiscelate fluide, espansive in aria, applicate meccanicamente attraverso pompaggio o manualmente mediante colaggio in entrambe le modalità si dovrà far in modo di garantire la continuità del getto per facilitarne la messa in opera e la compattazione. Le superfici esposte all'aria dovranno essere accuratamente stagionate per combattere la veloce evaporazione dell'acqua d'impasto ed il conseguente rischio di fessurazioni.

Le fasi realizzative possono essere così riassunte:

1. Asportazione del calcestruzzo degradato, contaminato o incoerente mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa, macchine idrodemolitrici, frese.
2. Posa in opera di eventuali armature strutturali aggiuntive avendo cura di garantire un copriferro di almeno 20 mm.
3. Pulizia delle armature eventualmente scoperte al fine di asportare eventuali porzioni di armatura ossidate in fase di distacco.
4. Pulizia e saturazione con acqua in pressione della superficie di supporto.
5. Accurata miscelazione che dovrà avvenire secondo le indicazioni riportate nella scheda tecnica del prodotto prescelto.
6. Eliminazione di eventuale acqua libera presente sul supporto.
7. Applicazione meccanica per pompaggio o manuale per colaggio.
8. Finitura superficiale con vibrofinitrice o con frattazzo in caso di superfici ridotte.
9. Stagionatura delle superfici esposte all'aria con specifici antieaporanti che non creino film di distacco a eventuali successive lavorazioni (impermeabilizzazione, protezione), acqua nebulizzata (da evitare in inverno), teli (da evitare in estate).

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sottoindicate.

Malta cementizia, fluida, premiscelata, ad espansione contrastata con stagionatura in aria, contenente fibre inorganiche

Si utilizzerà una malta cementizia, premiscelata, fluida, contenente fibre inorganiche necessarie a garantire, insieme alla ruvidità del supporto, il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contiene fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Applicabile su supporto irruvidito con macchine idrodemolitrici, con frese, o martelletti meccanici.

Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 20 MPa 7 giorni ≥ 50 MPa 28 giorni ≥ 60 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196-1	1 giorno ≥ 4 MPa 7 giorni ≥ 7 MPa 28 giorni ≥ 9 MPa
Modulo elastico, UNI EN 13412	26 ÷ 30 GPa
Espansione contrastata con stagionatura in aria ad 1 giorno, UNI 8147 parte seconda	≥ 0,04%
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test)	Nessuna fessura
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa
Adesione al calcestruzzo (UNI EN 1542) dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo UNI EN 13687-1	≥ 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0,30 kg x m ⁻² x h ^{-0,5}
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390-8	≤ 5 mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe A1

1.3.1.1.9. *Degrado profondo – strutture orizzontali/verticali – spessori 60-100 mm – colaggio / incamiciatura*

La ricostituzione o il ringrosso di sezioni di elementi orizzontali o verticali in spessore minimo pari a 60 mm e massimo pari a 100 mm si realizza utilizzando betoncini cementizi fluidi, caratterizzati da un diametro massimo dell'inerte pari a 10 mm applicate meccanicamente attraverso pompaggio o manualmente mediante colaggio anche entro casseri, in entrambe le modalità si dovrà far in modo di garantire la continuità del getto per facilitarne la messa in opera e la compattazione. Le superfici esposte all'aria dovranno essere accuratamente stagionate per combattere la veloce evaporazione dell'acqua d'impasto ed il conseguente rischio di fessurazioni.

Le fasi realizzative possono essere così riassunte:

1. Asportazione del calcestruzzo degradato, contaminato o incoerente mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa, macchine idrodemolitrici, frese.
2. Posa in opera di eventuali armature strutturali aggiuntive avendo cura di garantire un copriferro di almeno 20 mm.
3. Pulizia delle armature eventualmente scoperte al fine di asportare eventuali porzioni di armatura ossidate in fase di distacco.
4. Corretto posizionamento delle casseformi qualora il getto avvenga entro cassero.
5. Pulizia e saturazione con acqua in pressione della superficie di supporto.
6. Accurata miscelazione che dovrà avvenire secondo le indicazioni riportate nella scheda

tecnica del prodotto prescelto.

7. Eliminazione di eventuale acqua libera presente sul supporto.
8. Applicazione meccanica per pompaggio o manuale per colaggio.
9. Finitura delle superfici esposte all'aria con vibrofinitrice o con frattazzo in caso di superfici ridotte;
10. Stagionatura delle superfici esposte all'aria con specifici antievaporanti che non creino film di distacco ad eventuali successive lavorazioni (impermeabilizzazione, protezione), acqua nebulizzata (da evitare in inverno), teli (da evitare in estate).

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sottoindicate.

Betoncino cementizio, fluido, premiscelato, ad espansione contrastata con stagionatura in aria

Si utilizzerà un betoncino, cementizio, premiscelato, fluido, contenente fibre inorganiche necessarie a garantire, insieme alla ruvidità del supporto, il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contiene fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Applicabile su supporto irruvidito con macchine idrodemolitrici, con frese, o martelletti meccanici.

Tale betoncino dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, (UNI 8998)	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%
Resistenza a compressione, (UNI EN 12390/3)	1 giorno ≥ 20 MPa 7 giorni ≥ 50MPa 28 giorni ≥ 60 MPa
Resistenza a trazione per flessione, (UNI EN 12390/5)	1 giorno ≥ 3 MPa 7 giorni ≥ 5 MPa 28 giorni ≥ 7 MPa
Modulo elastico, (UNI 6556)	26 ÷ 30 GPa
Espansione contrastata con stagionatura in aria ad 1 giorno, (UNI 8148)	≥ 0,04%
Resistenza alla fessurazione, (O Ring Test)	Nessuna fessura
Adesione al calcestruzzo, (UNI EN 1542)	≥ 2 MPa rottura del CLS
Adesione al calcestruzzo (UNI EN 1542) dopo 50 cicli di gelo disgelo, UNI EN 13687/1	≥ 2 MPa rottura del CLS
Resistenza alla carbonatazione, (UNI EN 13295)	Prova superata
Porosità capillare, (UNI EN 13057)	≤ 0,30 kg x m ⁻² x h ^{-0,5}
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta (UNI EN 12390/8)	≤ 5 mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe A1

Betoncino fluido espansivo ottenuto aggiungendo alla malta di cui al §6.5.16.5.3, aggregato di diametro massimo pari a 10mm

Si utilizzerà un betoncino cementizio, ottenuto aggiungendo circa il 35 % in peso di aggregato selezionato, privo di impurità, ben lavato ed avente diametro minimo di circa 6 mm, diametro massimo di circa 10 mm ad una malta cementizia, premiscelata, fluida, contenente fibre inorganiche necessarie a garantire, insieme alla ruvidità del supporto, il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Deve essere applicato su supporto irruvidito con macchine idrodemolitrici, con frese, o martelletti meccanici ed in presenza di armatura strutturale e/o di rete elettrosaldata opportunamente ancorata al supporto.

La malta definita sopra alla quale sarà aggiunto il 35% di aggregato dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 20 MPa 7 giorni ≥ 50 MPa 28 giorni ≥ 60 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196-1	1 giorno ≥ 4 MPa 7 giorni ≥ 7 MPa 28 giorni ≥ 9 MPa
Modulo elastico, UNI EN 13412	26 ÷ 30 GPa
Espansione contrastata con stagionatura in aria ad 1 giorno, UNI 8147 parte seconda	≥ 0,04%
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test)	Nessuna fessura
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa
Adesione al calcestruzzo (UNI EN 1542) dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo UNI EN 13687-1	≥ 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0,30 kg x m ⁻² x h ^{-0,5}
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390-8	≤ 5 mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe A1

1.3.1.1.10. *Interventi per rapido colaggio*

La ricostituzione o il ringrosso di sezioni di elementi orizzontali in tempi molto rapidi anche in presenza di temperature ambientali fino a -5°C e in spessore minimo pari a 10 mm e massimo pari a 150 mm si realizza utilizzando malta cementizia, premiscelata, fluida, contenente fibre in poliaccrilonitrile, a rapido sviluppo delle resistenze meccaniche anche a basse temperature fino a -5°C. Deve essere garantire un buon mantenimento della lavorabilità per consentire la messa in opera di opportune quantità di malta.

Le fasi realizzative possono essere così riassunte:

1. Asportazione del calcestruzzo degradato, contaminato o incoerente mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa, macchine idrodemolitrici, frese.
2. Posa in opera di eventuali armature strutturali aggiuntive avendo cura di garantire un copriferro di almeno 20 mm.
3. Pulizia delle armature eventualmente scoperte al fine di asportare eventuali porzioni di armatura ossidate in fase di distacco.
4. Pulizia e saturazione con acqua in pressione della superficie di supporto, in condizioni di bassa temperatura l'acqua deve essere riscaldata.
5. Accurata miscelazione che dovrà avvenire secondo le indicazioni riportate nella scheda tecnica del prodotto prescelto, le quantità impastate devono essere correlate alle tempistiche di messa in opera e alle temperature ambientali.
6. Eliminazione di eventuale acqua libera presente sul supporto.
7. Applicazione manuale per colaggio.
8. Finitura superficiale con vibrofinitrice o con frattazzo in caso di superfici ridotte.
9. Stagionatura delle superfici esposte all'aria con specifici antievaporanti che non creino film di distacco ad eventuali successive lavorazioni (impermeabilizzazione, protezione), acqua nebulizzata (da evitare in inverno), teli (da evitare in estate).

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative

descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sottoindicate.

Malta cementizia, premiscelata, fluida a rapido indurimento

Si utilizzerà malta cementizia, premiscelata, fluida, a rapido sviluppo delle resistenze meccaniche anche a basse temperature fino a -5°C. Contenente fibre in poliaccrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Deve essere applicata su supporto irruvidito con macchine idrodemolitrici, con frese, o martelletti meccanici, per spessori superiori a 50 mm deve essere messa in opera in presenza di armatura strutturale e/o di rete elettrosaldata ben ancorata al supporto.

Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente																									
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%																									
Resistenza a compressione espressa in MPa, UNI EN 12190	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>-5°C</th> <th>0°C</th> <th>5°C</th> <th>20°C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4h ≥</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>25</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>8h ≥</td> <td>20</td> <td>30</td> <td>35</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>24h ≥</td> <td>45</td> <td>55</td> <td>60</td> <td>65</td> </tr> <tr> <td>28g ≥</td> <td>70</td> <td>75</td> <td>80</td> <td>85</td> </tr> </tbody> </table>		-5°C	0°C	5°C	20°C	4h ≥	10	20	25	35	8h ≥	20	30	35	45	24h ≥	45	55	60	65	28g ≥	70	75	80	85
	-5°C	0°C	5°C	20°C																						
4h ≥	10	20	25	35																						
8h ≥	20	30	35	45																						
24h ≥	45	55	60	65																						
28g ≥	70	75	80	85																						
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1g ≥ 3 MPa 7g ≥ 5 MPa 28g ≥ 7 MPa																									
Modulo elastico, UNI EN 13412	28-32 MPa																									
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test)	Nessuna fessura																									
Resistenza allo sfilamento (con carico di 75 KN), UNI EN 1881	≤ 0,5 mm																									
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa																									
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542 dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo, UNI EN 13687/1	≥ 2 MPa																									
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Provasuperata																									
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0,30 kg x m-2 x h -0,5																									
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8	≤ 5 mm																									
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art 5.5	Classe A1																									

****Le prestazioni relative a -5°C sono ottenute avendo portato il prodotto e**

l'acqua d' impasto a + 15°C. Fasi applicative

1a - Preparazione delle superfici in presenza di degrado superficiale

È necessario asportare le parti di calcestruzzo superficialmente incoerenti mediante sabbiatura o idrosabbiatura. Il supporto così preparato si presenterà leggermente ruvido, integro e privo di qualsiasi sostanza che possa inficiare l'aderenza con il materiale di riparazione.

1b. Preparazione delle superfici in presenza di degrado medio o profondo

È necessario asportare tutto il calcestruzzo degradato e contaminato non soltanto quello incoerente mediante macchine idrodemolitrici manuali o robbottizzate, idonee frese idrauliche o martelletti meccanici. Il supporto dovrà risultare perfettamente integro e caratterizzato da una ruvidità di 3-5 mm.

2. Pulizia delle armature eventualmente scoperte

Dalle eventuali armature portate in superficie nella fase di asportazione del calcestruzzo dovranno essere asportati tutte le parti ossidate ed in fase di distacco mediante sabbatura, idrosabbatura o spazzolatura meccanica.

3. Posa in opera di eventuali armature strutturali aggiuntive

Le eventuali armature da aggiungere dovranno essere posizionate in modo da consentire il passaggio del materiale di riparazione dietro le armature stesse e da garantire uno spessore di copriferro di almeno 20 mm.

4. Corretto posizionamento delle casseforme qualora il getto avvenga entro cassero

Le casseforme dovranno essere non assorbenti per non sottrarre l'acqua d'impasto al materiale da riparazione. Dovranno inoltre essere perfettamente fissate e sigillate per resistere alla spinta di prodotti molto fluidi e per scongiurare la fuoriuscita di boiaccia.

5. Pulizia e saturazione con acqua in pressione della superficie di supporto

Poco prima dell'applicazione del materiale di riparazione è necessario pulire e saturare il calcestruzzo di supporto utilizzando preferibilmente acqua in pressione a circa 50-80 atm. L'utilizzo di acqua in pressione aumenta l'affidabilità dell'intervento perché consente di eliminare i residui dell'idrodemolizione o, qualora si fossero utilizzati frese o martelletti meccanici, di asportare dalla superficie del supporto parti in microfessurate e/o non perfettamente aderenti.

6. Miscelazione del materiale di riparazione

La miscelazione dopo aver verificato che le temperature dell'ambiente e del supporto siano in linea con i limiti di applicazione del prodotto utilizzato. La miscelazione dovrà essere eseguita secondo le istruzioni riportate nella scheda tecnica del prodotto, ponendo particolare attenzione al quantitativo d'acqua d'impasto previsto.

7. Applicazione

L'applicazione dei prodotti tixotropici avverrà manualmente per piccole superfici d'intervento mediante macchine spruzzatrici nel caso di superfici estese.

- L'applicazione manuale dovrà avvenire proiettando il prodotto con energia evitando assolutamente di spalmarlo per evitare che si inglobi aria all'interfaccia con il supporto. Si consiglia di effettuare un primo rinzaffo e di applicare il resto del prodotto fino a raggiungere lo spessore prescritto.
- L'applicazione meccanica avverrà utilizzando macchine spruzzatrici a pistone o coclea, non devono essere utilizzate macchine a ciclo continuo. Qualora sia necessario applicare spessori maggiori di 50 mm è necessario applicare il prodotto in due-tre strati, applicando gli strati successivi a distanza di 24 ore da quello precedente.

L'applicazione di prodotti fluidi dovrà avvenire per colaggio o pompaggio anche entro cassero

Prima dell'applicazione su superfici orizzontali è necessario asportare eventuale acqua libera rimasta sul supporto. Il getto dovrà avvenire con continuità senza interruzioni per ottenere il massimo scorrimento dell'impasto.

8. Finitura delle superfici

Terminata l'applicazione si dovrà provvedere a rifinire la superficie per renderla planare. Nel caso di prodotti tixotropici si dovrà procedere alla frattazzatura della superficie per combattere la formazione di cavillature dovute alla prima evaporazione dell'acqua d'impasto. Nel caso di getti per colaggio le superfici dovranno essere rifinite, nel caso di aree estese, con macchine finitrici.

9. Stagionatura delle superfici esposte all'aria

Le superfici appena ripristinate esposte a forte insolazione e/o a forte ventilazione o in presenza di clima secco dovranno essere opportunamente stagionate per evitare una troppo rapida evaporazione dell'acqua d'impasto secondo quanto riportato nella scheda tecnica del prodotto utilizzato.

6.5.16.7 Prove e controlli

La normativa europea UNI EN 1504 prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture in calcestruzzo nella parte 10 si occupa della messa in opera dei prodotti, della corretta esecuzione di tutte le fasi realizzative e del controllo di qualità complessivo dei lavori.

L'insieme dei controlli si articolano in tre fasi successive: preliminari prima dell'inizio dei lavori, in corso d'opera e sulle opere finite. Questi tre fasi di controlli consentono di perseguire la durabilità dell'intervento in modo diretto e progressivo con l'obiettivo di prevenire ogni possibile incomprensione e mal interpretazione del capitolato d'appalto.

6.5.16.7.1 Controlli preliminari

L'obiettivo è quello di verificare prima dell'inizio dei lavori che:

- i materiali proposti dall'impresa forniscano le prestazioni indicate nel presente Capitolato in riferimento alle lavorazioni dello specifico progetto. L'impresa dovrà presentare le schede tecniche e i certificati di laboratori ufficiali che attestino la marcatura CE e le prestazioni dei prodotti che intende utilizzare;
- le attrezzature che verranno utilizzate siano idonee ad eseguire tutte le varie fasi realizzative previste e che l'intero processo realizzativo sia corrispondente a quanto previsto in progetto. Sarà compito della DL far eseguire campioni per accertare l'efficacia di ogni fase realizzativa.

La qualifica dei materiali, una volta verificato che le schede tecniche, i certificati e le dichiarazioni dei produttori soddisfino i requisiti e le prestazioni indicate in questo Capitolato e nei documenti progettuali, verrà eseguita controllando:

- la consistenza del prodotto ottenuta con il dosaggio d'acqua prescritto sulla scheda tecnica deve essere quella effettivamente utilizzata nella fase di applicazione del prodotto;
- le resistenze meccaniche a 1, 7 e 28 giorni, secondo la EN 12190 per le malte o la EN 12390 per i betoncini, ottenute con impasti aventi la consistenza precedentemente verificata;
- la compensazione del ritiro mediante prova di espansione contrastata secondo UNI 8147 parte prima o parte seconda per le malte o 8148 per i betoncini;
- l'adesione al supporto eseguita su un'area campione rappresentativa dell'intervento da eseguirsi.

1.3.1.1.11. Controlli in corso d'opera

Le verifiche in corso d'opera prima e durante l'applicazione prevedono controlli sulle condizioni del supporto, la verifica delle condizioni termo-igrometriche e delle condizioni operative.

La frequenza e il tipo di controllo deve essere valutato in funzione della complessità dell'intervento.

Condizioni del supporto dopo la preparazione e prima dell'applicazione

La DL si dovrà accertare in particolare che siano state eseguite correttamente ed in conformità a quanto prescritto nel presente Capitolato le seguenti fasi che precedono l'applicazione del prodotto di riparazione:

- asportazione del calcestruzzo degradato negli spessori previsti;
- corretta ruvidità del supporto in funzione degli spessori da applicare;
- pulizia delle armature eventualmente scoperte e oggetto di fenomeni di corrosione;
- corretto posizionamento delle eventuali armature aggiuntive;
- corretto posizionamento di eventuali casseforme;
- pulizia e saturazione del supporto.

Controlli in fase applicativa

La DL dovrà effettuare il controllo di conformità riguardante:

- la temperatura dell'ambiente e quella del supporto;
- l'acqua d'impasto e che il corretto dosaggio sia eseguito in modo accurato;
- le resistenze meccaniche delle malte/betoncini. Per il controllo della resistenza a compressione da parte delle FERROVIE vale quanto riportato al §6.5.19.1 del presente capitolato, con l'accortezza di utilizzare casseformi in acciaio quando si utilizzano prodotti ad espansione contrastata. Le dimensioni delle casseformi debbono essere pari a 4x4x16 cm per il collaudo di malte. Per i betoncini la geometria delle casseforme deve essere cubica di lato pari a 150 mm o cilindrica con diametro pari a 150 mm ed altezza pari a 300 mm. Le modalità di prova devono essere conformi a quanto riportato nella norma UNI EN 12390/3 per le malte o nella UNI EN 12390/1 per i betoncini;
- l'umidità del supporto;
- l'espansione contrastata secondo quanto indicato dalla norma UNI 8147 modificata per le malte e la UNI 8148 modificata per i betoncini.

Controllo sul ripristino eseguito

- verifica qualitativa dell'aderenza dei materiali di riparazione al supporto mediante battitura a campione delle superfici;
- verifica quantitativa dell'aderenza dei materiali di riparazione al supporto mediante una prova di aderenza per trazione diretta in maniera analoga alle prove di laboratorio della EN 1542 prova di pull-off. La norma UNI EN 1504-10:2005 precisa che i valori di aderenza riscontrati in sito mediante la prova di pull-off dovranno essere opportunamente interpretati: l'aderenza del materiale di riparazione può variare, ma non può mai essere maggiore della resistenza a trazione superficiale del supporto. Pertanto si accettano valori in sito che rientrino nell'intervallo compreso tra 1,2 e 1,5 MPa per la riparazione strutturale, e un valore minimo di 0,7 MPa per la riparazione non strutturale;
- verifica a campione degli spessori applicati.

6.5.17 PROTEZIONE DELLE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO

Gli elementi di una struttura che:

- non presentino alcun degrado;
- sono interessati da processi di degrado nella fase iniziale che non hanno ancora determinato danni evidenti;
- sono sede di processi di degrado avanzati le cui cause non possono essere eliminate ma è possibile solo cercare di rallentare al massimo l'evolversi dei fenomeni,

possono essere protetti utilizzando sistemi filmogeni che, facendo da barriera all'ingresso ed al contatto di aggressivi con il calcestruzzo, aumentano la durabilità e di conseguenza la vita utile.

Il livello di protezione e quindi di durabilità deve essere determinato in relazione al grado di aggressione dell'ambiente, dell'elemento da proteggere e dalle condizioni di esercizio.

L'efficacia della protezione è fortemente dipendente anche dallo spessore di film secco applicato, tale dato deve essere indicato in maniera chiara nel progetto. È sempre opportuno realizzare lo spessore previsto applicando due strati di prodotto in direzione 0-90°.

I sistemi protettivi, in funzione del grado di aggressione e/o dell'utilizzo specifico si diversificano dal punto di vista della composizione chimica che generalmente può essere a base poliuretanica, acrilica, metacrilica, epossidica o mista.

Sono poi disponibili, nell'ambito della stessa natura chimica, formulati rigidi o più o meno elastici, questi ultimi vengono utilizzati quando è richiesta la capacità da fare da ponte a stati fessurativi più o meno impegnativi.

6.5.17.1 Scelta prestazionale dei sistemi protettivi

La scelta del sistema filmogeno protettivo più idoneo per la situazione specifica deve essere effettuata in funzione dei requisiti che risultano fondamentali, il progettista deve specificare i requisiti e le prestazioni che devono essere garantite, non limitandosi a prescrivere solamente la natura chimica del formulato.

Spesso la scelta del sistema protettivo più appropriato è il frutto di un ponderato compromesso tra prestazioni ritenute necessarie ma a volte in contrapposizione tra loro.

I requisiti principali che caratterizzano un sistema protettivo sono:

- Adesione al calcestruzzo
- Impermeabilità all'acqua
- Impermeabilità alla CO₂
- Impermeabilità allo ione cloruro
- Permeabilità al vapore d'acqua
- Resistenza chimica a sostanze aggressive
- Resistenza cicli gelo-disgelo
- Resistenza UV
- Capacità di far da ponte a stati fessurativi (Crack bridging ability)
- Resistenza all'abrasione
- Contatto permanente con acqua
- Resistenza chimica per contatto con sostanze aggressive.

La parte 2 della normativa UNI EN 1054 è il riferimento per ottenere la marcatura CE dei sistemi protettivi. È opportuno inoltre ricordare che i requisiti e le prestazioni necessarie per ottenere la marcatura CE.

Le fasi realizzative possono essere così riassunte:

- Preparazione del supporto con sabbiatura, idrosabbiatura o acqua in pressione per ottenere una superficie leggermente ruvida e per eliminare qualsiasi elemento che possa pregiudicare l'aderenza.
- Pulizia delle superfici su cui intervenire con lavaggio o con aria compressa, al momento dell'applicazione il supporto deve risultare asciutto.
- Verificare che le condizioni ambientali e del supporto siano idonee all'applicazione.
- Applicazione del promotore di adesione (primer) quando faccia parte del sistema.
- La miscelazione deve avvenire con idonea attrezzatura e per un tempo che garantisca l'omogeneità del prodotto. Nel caso di prodotti bicomponenti è fondamentale rispettare con estrema esattezza i rapporti di miscelazione.
- Applicazione del primo strato di finitura rispettando i tempi di sovrapposizione con l'eventuale primer.
- Applicazione del secondo strato di finitura rispettando i tempi di sovrapposizione rispetto allo strato precedente.

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sottoindicate.

6.5.17.2 Protezione elevatissima – sistema protettivo filmogeno elastico a base poliuretanic- spessore di film secco 200 micron

Sistema protettivo filmogeno, elastico, bicomponente, a base di resine poliuretaniche in solvente che consente di fare da ponte a stati fessurativi derivanti da ritiro plastico o igrometrico. Applicabile manualmente con rullo, pennello o meccanicamente con sistema airless, in spessore minimo di film secco pari a 200 micron.

È un sistema elastico, caratterizzato da buona capacità di crack bridging, da un elevatissimo effetto barriera, elevatissima resistenza all'aggressione degli agenti ambientali e dei cloruri, da un'ottima resistenza ai Raggi UV, da ottima permeabilità al vapore d'acqua.

Tale protettivo dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+ essere conforme alla normativa UNI EN 1504 parte 2 e fornire le seguenti prestazioni riferite ad uno spessore di film secco di 200 µm:

Aderenza al calcestruzzo, UNI EN 1542	> 2,0 MPa - rottura tipo A
Determinazione della permeabilità al biossido di carbonio, UNI EN 1062-6 method A	Sd >120 m
Determinazione del grado di trasmissione del vapore acqueo UNI EN ISO 7783-1	Sd < 3 m
Resistenza alla fessurazione (Crack Bridging Ability), EN 1062-7	Statico A1 Dinamico B1
Assorbimento capillare e permeabilità all'acqua, EN 1062-3	0,007 (kgxm2xh-0.5)
Compatibilità termica (cicli gelo-disgelo con sali disgelanti) misurata come adesione, EN 1542 dopo 50 cicli	> 2,0 MPa - rottura tipo A

Resistenza all'esposizione agli agenti atmosferici artificiali (radiazioni UV e condensa),
UNI EN 1062/11

Nessun rigonfiamento, nessuna
fessurazione, nessuna scagliatura.

6.5.17.3 Protezione elevata – sistema protettivo filmogeno elastico a base acrilica per strutture a contatto non permanente con acqua spessore di film secco 200 micron

Sistema protettivo filmogeno, elastico, monocomponente, a base di resina acrilica dispersa in acqua, applicabile manualmente con rullo, pennello o meccanicamente con sistema airless, in spessore minimo di film secco pari a 200 micron.

È un sistema elastico caratterizzato da buona capacità di crack bridging, da un elevato effetto barriera, da un'ottima resistenza ai Raggi UV, da ottima permeabilità al vapore. Non deve essere applicato per la protezione di strutture a costante contatto con acqua. Essendo un prodotto in emulsione acquosa soffre l'applicazione a basse temperature.

Tale protettivo dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla normativa UNI EN 1504 parte 2 e fornire le seguenti prestazioni riferite ad uno spessore di film secco di 200 µm:

Aderenza al calcestruzzo, UNI EN 1542	>1,0 MPa - Rottura tipo A
Determinazione della permeabilità al biossido di carbonio, UNI EN 1062-6 method A	Sd > 130 m
Determinazione del grado di trasmissione del vapore acqueo UNI EN ISO 7783-1	Sd < 0,5 m
Resistenza alla fessurazione (Crack Bridging Ability), EN 1062-7	Statico A1 Dinamico B1
Assorbimento capillare e permeabilità all'acqua, EN 1062-3	0,08 (kg·m ² ·h-0.5)
Compatibilità termica (cicli gelo-disgelo con sali disgelanti) misurata come adesione, EN 1542 dopo 50 cicli	> 0,8 MPa - rottura tipo A
Resistenza all'esposizione agli agenti atmosferici artificiali (radiazioni UV e condensa), UNI EN 1062/11	Nessun rigonfiamento, nessuna fessurazione, nessuna scagliatura.

6.5.17.4 Protezione elevata – sistema protettivo filmogeno rigido a base metacrilica spessore di film secco 80-150 micron

Sistema protettivo filmogeno, rigido, monocomponente, a base di resine metacriliche in solvente applicabile manualmente con rullo, pennello o meccanicamente con sistema airless, in spessore minimo di film secco pari a 80 micron e massimo pari a 150 micron.

È un sistema rigido, caratterizzato da un elevato effetto barriera, elevata resistenza all'aggressione degli agenti ambientali e dei cloruri, da un'ottima resistenza ai Raggi UV, da buona permeabilità al vapore d'acqua.

Tale protettivo dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla normativa UNI EN 1504 parte 2 e fornire le seguenti prestazioni riferite ad uno spessore di film secco di 150 µm:

Aderenza al calcestruzzo, UNI EN 1542	> 2,0 MPa - rottura tipo A
Determinazione della permeabilità al biossido di carbonio, UNI EN 1062-6 method A	SD > 200 m
Determinazione del grado di trasmissione del vapore acqueo UNI EN ISO 7783-1	SD < 2,5 m
Assorbimento capillare e permeabilità all'acqua, EN 1062-3	0,005(kgxm ² xh-0.5)
Compatibilità termica (cicli gelo-disgelo con sali disgelanti) misurata come adesione secondo EN 1542, dopo 50 cicli	> 2,0 MPa - rottura tipo A
Resistenza all'esposizione agli agenti atmosferici artificiali (radiazioni UV e condensa) UNI EN 1062-11 dopo 2000 ore di esposizione	Nessun rigonfiamento, nessuna fessurazione, nessuna scagliatura

Controlli preliminari

L'obiettivo è quello di verificare prima dell'inizio dei lavori che:

- i sistemi protettivi proposti dall'impresa forniscano le prestazioni indicate nel presente Capitolato in riferimento alle lavorazioni dello specifico progetto. L'ESECUTORE dovrà presentare le schede tecniche e i certificati di laboratori ufficiali che attestino la marcatura verificare, prima dell'inizio CE e le prestazioni dei prodotti che intende utilizzare;
- le attrezzature che verranno utilizzate siano idonee ad eseguire tutte le varie fasi realizzative previste e che l'intero processo realizzativo sia corrispondente a quanto previsto in progetto. Sarà compito della DL far eseguire campioni per accertare l'efficacia di ogni fase realizzativa.

Controlli in corso d'opera

Le verifiche in corso d'opera prima e durante l'applicazione prevedono controlli sulle condizioni del supporto, la verifica delle condizioni termo-igrometriche e delle condizioni operative.

La frequenza e il tipo di controllo deve essere valutato in funzione della complessità dell'intervento.

Condizioni del supporto dopo la preparazione e prima dell'applicazione

La DL si dovrà accertare in particolare che il supporto:

- sia stato preparato opportunamente mediante sabbatura, idrosabbatura o acqua in pressione per ottenere una superficie leggermente ruvida e per eliminare qualsiasi elemento che possa pregiudicare l'aderenza.
- sia stato perfettamente pulito mediante lavaggio o con aria compressa,
- al momento dell'applicazione risulti asciutto.

Controlli in fase applicativa

La DL dovrà effettuare il controllo di conformità riguardante:

- la temperatura dell'ambiente e quella del supporto;
- l'umidità del supporto;
- i rapporti di miscelazione dei componenti A e B dei formulati bicomponenti siano rispettati;
- l'applicato il primer correlato allo specifico sistema protettivo;
- il tempo di ricopertura del primer con il sistema protettivo;
- la corretta applicazione in due strati del sistema protettivo;
- lo spessore di fil secco del sistema protettivo.

6.5.18 ANCORAGGI E INGHISAGGI

6.5.18.1 Ancoraggi con materiali cementizi

L'ancoraggio di barre ad aderenza migliorata, tirafondi, barre filettate a strutture in calcestruzzo può essere realizzato utilizzando materiali cementizi espansivi, caratterizzati da un processo espansivo contrastato per confinamento dalla tasca o dal foro di ancoraggio. La fase espansiva deve iniziare al termine della fase di presa cioè quando il materiale inizia quella d'indurimento. Lo spessore di ancoraggio minimo è di circa 5 mm quando si utilizza una boiaccia espansiva e di circa 10 mm quando si utilizza una malta.

È possibile realizzare ancoraggi molto rapidi utilizzando malte cementizie che assicurano un velocissimo sviluppo delle resistenze meccaniche anche a temperature basse fino a -5°C. I materiali cementizi devono esser messi in opera su supporti umidi, condizione facilmente realizzabile, contrariamente a formulati a base di resina che temono l'umidità dei supporti.

La normativa di riferimento per ottenere la marcatura CE è la 1504 parte 6.

I requisiti principali che contraddistinguono un prodotto cementizio utilizzato per l'ancoraggio sono:

- Elevata fluidità, consente una veloce, semplice ed affidabile messa in opera per colaggio, fornendo all'impasto grandissima scorrevolezza e massima capacità di riempimento e di compattazione.
- Elevata aderenza, consente il corretto trasferimento delle sollecitazioni. L'elevata aderenza è garantita nel tempo grazie alle caratteristiche espansive del prodotto che annullano i ritiri a lungo termine, propri dei normali conglomerati cementizi.
- Ottime prestazioni meccaniche, consentono di resistere ad elevate sollecitazioni statiche e dinamiche ed a cicli di fatica.
- Elevata resistenza ai cicli di gelo disgelo, requisito fondamentale per la durabilità di ancoraggi eseguiti all'esterno.
- Ottima impermeabilità all'acqua, garantisce la durabilità dell'ancoraggio.
- Ottima resistenza agli olii lubrificanti, consente l'impiego in ambienti industriali.

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sottoindicate.

Malta cementizia, premiscelata, fluida, ad espansione contrastata con stagionatura in acqua

Si utilizzerà una malta cementizia, premiscelata, fluida, ad espansione contrastata con stagionatura in acqua. Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Applicabile per colaggio manualmente o tramite pompa in spessore minimo di 10mm. Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+ essere conforme alla normativa UNI EN 1503 parte 6 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	$\leq 0.05\%$
Resistenza a compressione UNI EN 12190	1 giorno ≥ 30 MPa 7 giorni ≥ 50 MPa 28 giorni ≥ 60 MPa
Resistenza a trazione per flessione UNI EN 196/1	1 giorno ≥ 3 MPa 7 giorni ≥ 5 MPa 28 giorni ≥ 7 MPa
Modulo elastico UNI EN 13412	26-30 MPa
Espansione in fase plastica UNI 8996 a 20°C, U.R. 65%	$\geq 0,3\%$
Espansione contrastata ad 1 giorno UNI 8147 parte prima	$\geq 0,03\%$
Resistenza allo sfilamento (con carico di 75 KN) UNI EN 1881	$\leq 0,5$ mm
Adesione al calcestruzzo UNI EN 1542	≥ 2 MPa
Compatibilità termica, adesione dopo i cicli di gelo-disgelo UNI EN 13687/1	≥ 2 MPa
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta (UNI EN 12390/8)	≤ 5 mm
Assorbimento capillare UNI EN 13057	$\leq 0,30$ kg x m ⁻² x h ^{-0,5}
Resistenza alla carbonatazione UNI EN 13295	Specificata superata
Reazione al fuoco UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe A1

Malta cementizia, premiscelata, fluida a rapido indurimento

Si utilizzerà una malta cementizia, premiscelata, fluida, a rapido sviluppo delle resistenze meccaniche anche a basse temperature fino a -5°C. Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla normativa UNI EN 1503 parte 6 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente																									
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%																									
Resistenza a compressione espressa in MPa, UNI EN 12190	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>-5°C</th> <th>0°C</th> <th>5°C</th> <th>20°C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4h ≥</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>25</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>8h ≥</td> <td>20</td> <td>30</td> <td>35</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>24h ≥</td> <td>45</td> <td>55</td> <td>60</td> <td>65</td> </tr> <tr> <td>28g ≥</td> <td>70</td> <td>75</td> <td>80</td> <td>85</td> </tr> </tbody> </table>		-5°C	0°C	5°C	20°C	4h ≥	10	20	25	35	8h ≥	20	30	35	45	24h ≥	45	55	60	65	28g ≥	70	75	80	85
	-5°C	0°C	5°C	20°C																						
4h ≥	10	20	25	35																						
8h ≥	20	30	35	45																						
24h ≥	45	55	60	65																						
28g ≥	70	75	80	85																						
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1g ≥ 3 MPa 7g ≥ 5 MPa 28g ≥ 7 MPa																									
Modulo elastico, UNI EN 13412	28-32 MPa																									
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test)	Nessuna fessura																									
Resistenza allo sfilamento (con carico di 75 KN), UNI EN 1881	≤ 0,5 mm																									
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa																									
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542 dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo, UNI EN 13687/1	≥ 2 MPa																									
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata																									
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0,30 kg x m-2 x h -0,5																									
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8	≤ 5 mm																									
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art 5.5	Classe A1																									

Le prestazioni relative a -5°C sono ottenute avendo portato il prodotto e l'acqua d'impasto a +15°C.

6.5.18.2 Ancoraggi con materiali a base di resina

Gli ancoraggi realizzati con materiali a base epossidica quando sono in gioco sollecitazioni e tensioni di aderenza elevate.

Tali formulati garantiscono prestazioni meccaniche elevatissime nettamente superiori ai materiali cementizi. Utilizzando materiali a base resina è opportuno ricordare che tali formulati soffrono l'umidità del supporto.

Esiste inoltre la Linea guida europea ETAG 001 per l'ottenimento del benessere tecnico europeo per gli ancoranti metallici nel calcestruzzo utilizzabili anche in caso di carichi sismici la cui parte 5 è specifica per gli ancoranti chimici.

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sottoindicate.

6.5.18.3 Inghisaggi chimici con resina epossidica in cartuccia

Si utilizza un adesivo in cartuccia, tixotropico, bicomponente, a base di resina epossidica pura, privo di ritiro. Tale prodotto dovrà essere conforme alle linee guida ETAG 001-5 e TR023 e fornire, a titolo non esaustivo, le seguenti prestazioni:

Calcestruzzo	Tipologia barra	Diametro	Carico ultimo medio a trazione	Carico ultimo medio a taglio	Carico consigliato a trazione	Carico consigliato a taglio
			N_{Rum} [kN]	V_{Rum} [kN]	N_{rec} [kN]	V_{rec} [kN]
C20/25	≥ 8.8	M8	29,20	17,6	8,14	8,4
C20/25	≥ 8.8	M10	44,05	27,8	11,96	13,3
C20/25	≥ 8.8	M12	61,91	40,5	20,05	19,3
C20/25	≥ 8.8	M16	95,27	75,4	31,49	35,9
C20/25	≥ 8.8	M20	144,07	117,6	47,51	56,0
C20/25	≥ 8.8	M24	197,81	169,4	62,10	80,7

6.5.19 INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

È fondamentale definire gli obiettivi da perseguire negli interventi di ripristino e/o rinforzo tenendo conto delle peculiarità di ogni costruzione in muratura. Risulta indispensabile utilizzare prodotti specifici per il ripristino e il rinforzo delle murature che siano compatibili con le tecniche ed i materiali originari.

Un approccio corretto è articolato nelle seguenti fasi:

- Ricerca storica che indaghi anche su le differenti fasi di progettazione e realizzazione compresi eventuali successivi interventi di ripristino/rinforzo.
- Rilievo dei dissesti statici.
- Rilievo ed entità dei degradi dei materiali.
- Tecniche d'intervento.
- Scelta prestazionale dei materiali.

6.5.19.1 Ancoraggi con materiali a base di resina

I requisiti ed i limiti prestazionali che debbono caratterizzare i materiali da utilizzare sono da correlare con il tipo d'intervento da realizzare; è possibile comunque evidenziare i requisiti assolutamente necessari:

- impermeabilità all'acqua;
- limitata capillarità;
- porosità elevata;
- elevata permeabilità al vapore;
- basso contenuto di sali;
- prestazioni meccaniche (resistenze e moduli elastici) diversificate in relazione al tipo d'intervento ma congruenti con la muratura;
- adesione;
- tempi di presa ed indurimento in linea con le modalità esecutive;
- compatibilità con i materiali originari o utilizzati in precedenti interventi;

- innocuità del materiale utilizzato al fine di non innescare nuovi meccanismi di degrado alle murature;
- resistenza ai cicli di gelo disgelo.

Una importante normativa di riferimento è la UNI EN 998 parte 1 e parte 2.

6.5.19.2 Interventi

6.5.19.3.1 Ristillatura di giunti di malta

La malta che costituisce i giunti tra conci di muratura può deteriorarsi sia per cause chimiche che fisiche. L'intervento di risarcimento-stilatura è volto a preservare le cortine murarie e a restituire la continuità alla tessitura murari impedendo l'evolversi di fenomeni di degrado che potrebbero determinare il decadimento delle caratteristiche meccaniche.

L'intervento consiste nell'integrazione delle porzioni di malta mancanti e/o nella sostituzione delle parti deteriorate non più coerenti.

a) Opera muraria realizzata con malta a base di calce idraulica

Se l'opera muraria è stata realizzata con malta a base di calce idraulica naturale, per eseguire l'intervento di risarcimento-stilatura si dovrà utilizzare una malta da muratura, premiscelata, tixotropica, a base di calce idraulica naturale, applicabile manualmente, caratterizzata da elevata permeabilità al vapore, ottima adesione alla muratura, resistenze meccaniche compatibili con quelle della malta preesistente, basso assorbimento capillare, buona stabilità dimensionale e che non rilasci sali.

Tale malta dovrà avere la marcatura CE ed essere classificata, secondo la norma EN 998-2, di classe non inferiore a M5 (ai sensi del §11.10.2 del DM 17.01.2018) come "Malta da muratura a composizione prescritta per scopi generali per l'utilizzo esterno in elementi soggetti a requisiti strutturali", e fornire, a titolo non esaustivo, le seguenti prestazioni:

Tempo di lavorabilità	60 Minuti
Permeabilità al vapore, EN 1745 (valore tabulato)	μ 15 ÷ 35
Assorbimento capillare, UNI EN 1015-18	$\leq 0,2 \text{ Kg}/(\text{m}^2 \times \text{min}^{0,5})$
Adesione al supporto, UNI EN 1015-12	$\geq 0,3 \text{ MPa}$
Coefficiente di conducibilità termica, EN 1745 (valore tabulato)	$\lambda = 0,93 \text{ W/mK}$
Reazione al fuoco, EN 13501-1	Classe A1

b) Opera muraria realizzata con malta a base di cemento

Se l'opera muraria è stata realizzata con malta a base di cemento, per eseguire l'intervento di risarcimento- stilatura si dovrà utilizzare una malta da muratura, premiscelata, tixotropica, a base di cemento, applicabile manualmente, ottima adesione alla muratura, resistenze meccaniche compatibili con quelle della malta preesistente, basso assorbimento capillare e buona stabilità dimensionale.

Tale malta dovrà avere la marcatura CE ed essere classificata, secondo la norma la norma EN 998-1 come GP "Malta per scopi generali per intonaci interni/esterni" di categoria CS IV e secondo la norma EN 998-2 come G "Malta da muratura a composizione prescritta per scopi generali per l'utilizzo esterno in elementi soggetti a requisiti strutturali" di classe M25. Dovrà fornire le seguenti prestazioni:

Tempo di lavorabilità	45 Minuti
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤0.05%
Permeabilità al vapore, UNI EN 1015-19	$\mu \leq 50$
Assorbimento capillare, UNI EN 1015-18	≤0,4 Kg/(m ² x min ^{0,5})
Adesione al supporto, UNI EN 1015-12	≥ 1,0 MPa
Coefficiente di conducibilità termica, EN 1745 (valore tabulato)	$\lambda = 1,17 \text{ W/mK}$
Resistenza a compressione, UNI EN 1015-11	1 giorno ≥ 5 MPa 7 giorni ≥ 18 MPa 28 giorni ≥ 27 MPa
Resistenza a flessione, UNI EN 1015-11	1 giorno ≥ 2 MPa 7 giorni ≥ 4 MPa 28 giorni ≥ 6 MPa
Modulo elastico, UNI EN 13412	11.000 ÷ 13.000 MPa
Reazione al fuoco, EN 13501-1	Classe A1

In entrambi i casi di cui sopra, le fasi applicative, possono essere così riassunte, e comunque devono rispettare quanto previsto dalla scheda tecnica del prodotto prescelto:

1- Preparazione del supporto

La malta poco resistente o addirittura in fase di distacco deve essere asportata mediante scalpellatura leggera. Si dovranno eliminare mediante spazzola metallica eventuali efflorescenze, muffe e qualsiasi sostanza che possa ridurre l'aderenza.

2- Pulizia e lavaggio della muratura

Si devono eliminare la polvere ed i residui della scalpellatura e della spazzolatura mediante aria compressa. Prima della posa in opera della malta con cui si eseguirà il risarcimento-stilatura è necessario bagnare il supporto per evitare che sottragga acqua con conseguente riduzione di aderenza. Al momento dell'applicazione la superficie della muratura deve risultare satura ma senza velo d'acqua in superficie. Qualora la malta originaria è a base di calce idraulica, se sul supporto sono presenti efflorescenze si devono effettuare ripetuti lavaggi con acqua a bassa pressione per favorire la migrazione dei sali verso l'esterno e per consentire la loro eliminazione mediante spazzolatura.

3- Miscelazione

La miscelazione non si deve iniziare se la temperatura ambientale non garantisce che l'applicazione avvenga ad una temperatura compresa tra +5 e + 35°C. Dovrà eseguirsi rispettando le indicazioni riportate sulle schede tecniche del prodotto utilizzato.

4- Applicazione

Si applicherà, mediante una cazzuola a punta tonda, un quantitativo di malta leggermente in eccesso rispetto alla capienza delle fughe, esercitando una leggera pressione con la punta tonda della cazzuola per costipare la malta e, dopo che la malta ha acquisito un po' di consistenza, si dovrà eseguire l'asportazione della malta in eccesso e la finitura superficiale lisciando o "segnandola" leggermente con una spazzola di saggina.

5- Stagionatura

Le superfici esposte a forte insolazione, ventilazione e bassa umidità relativa dovranno essere stagionate mediante stagionatura umida. In caso di pioggia le superfici su cui si è appena intervenuti dovranno essere protette.

1.3.1.1.12. Iniezioni di massa

La tecnica delle iniezioni a bassa pressione consiste nell'immettere all'interno della muratura una boiaccia fluida allo scopo di consolidare fondazioni, paramenti murari, volte, archi ecc. ripristinandone le originali caratteristiche meccaniche. La boiaccia consente di rigenerare le vecchie malte, di rafforzare i legami tra la malta e gli elementi lapidei, di riempire eventuali micro e macro vuoti e di saldare lesioni.

L'esecuzione di iniezioni di massa sono particolarmente efficaci nel caso di murature a sacco. Nel caso di muratura piena ad unico paramento l'intervento è meno efficace. Una boiaccia da iniezione eseguita su una muratura ad unico paramento ha un assorbimento variabile ma molto vicino all'1% rispetto al volume dell'intera struttura mentre, se fosse a sacco e quindi a più paramenti, l'assorbimento rispetto al volume sarebbe attorno al 20%.

a) Opera muraria realizzata con malta a base di calce idraulica

Si utilizzerà una boiaccia premiscelata da iniezione a base di calce idraulica naturale di resistenza meccanica compatibile con quella della malta preesistente, ad elevata fluidità, elevato mantenimento della lavorabilità, priva di bleeding, elevata permeabilità al vapore e a basso rilascio di sali solubili.

La boiaccia deve avere la marcatura CE secondo la norma EN 998-2, , e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding 8998	Assente
Tempo di lavorabilità	≥ 60 Minuti
Fluidità della boiaccia - Cono di Marsh (UNI EN 445 punto 3.2.2)	Iniziale ≤ 30 secondi dopo 30' ≤ 40 secondi dopo 60' ≤ 40 secondi
Permeabilità al vapore, UNI EN 1745	$\mu \leq 35$
Coefficiente di conducibilità termica, EN 1745	$\lambda = 0,83 \text{ W/mK}$
Contenuto Sali idrosolubili	< 0,2 %
Temperatura d'idratazione, camera adiabatica	≤ 35°C
Adesione al supporto per taglio, UNI EN 998-2	≥ 0,10
Reazione al fuoco, EN 13501-1	Classe A1

b) Opera muraria realizzata con malta a base di cemento

Si utilizzerà una boiaccia cementizia realizzata utilizzando come legante uno speciale legante espansivo, con una consistenza compatibile con l'assorbimento della muratura.

Le prestazioni e le caratteristiche del legante, a titolo non esaustivo, sono di seguito riportate:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 20 MPa 7 giorni ≥ 50 MPa 28 giorni ≥ 60 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1 giorno ≥ 3 MPa 7 giorni ≥ 6 MPa 28 giorni ≥ 7 MPa
Espansione contrastata con stagionatura in acqua ad 1 giorno, UNI 8147	≥ 0,03%
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 1,5 MPa

In entrambi i casi, le fasi applicative possono essere così

riassunte: 1- Preparazione del supporto

É necessario:

- asportare tutte le parti d'intonaco che risultano distaccate;
- eseguire la stilatura di tutti i giunti la cui malta risulti poco consistente o friabile;
- sigillare tutte le fessure per evitare la fuoriuscita della boiaccia

d'iniezione. 2- Realizzazione dei fori

Dovranno essere realizzati, leggermente inclinati verso il basso, fori di diametro di 2-4 cm mediante strumento a sola rotazione. La lunghezza sarà pari a circa i 2/3 dello spessore della muratura se l'iniezione verrà eseguita da un solo lato, pari a circa la metà dello spessore se invece l'iniezione avverrà da entrambi i lati della muratura.

I fori dovranno essere realizzati a vertici sfalsati con maglia a triangolo equilatero. la distanza tra i fori dovrà essere determinata con delle prove d'iniezione preliminari che consentano di determinare la penetrazione della boiaccia nella specifica muratura. Tale capacità di penetrazione si determina praticando un foro da cui sarà iniettata la boiaccia e una serie di fori a distanza crescente. Quando la boiaccia fuoriesce dal foro più vicino a quello di iniezione si provvede a chiuderlo e si continua così in progressione. Si assume come lato della maglia a triangolo equilatero, secondo cui si disporranno i fori, la distanza tra il foro da cui è fuoriuscita la boiaccia che risulta più distante dal foro d'iniezione. Si fisseranno in perfetta aderenza con i fori d'iniezione tubicini in plastica. In pratica si dovrà garantire la l'effettiva sovrapposizione delle aree iniettate.

3- Pulizia e lavaggio della muratura

24 ore prima di iniettare la boiaccia d'iniezione è necessario, quando non esistano specifiche controindicazioni, lavare la muratura iniettando dai fori acqua a bassissima pressione per consentire la fuoriuscita di piccole parti incoerenti e della polvere e per consentire la saturazione in modo che la muratura non sottragga acqua alla boiaccia e ne limiti così la penetrazione e l'aderenza.

4- Miscelazione

La miscelazione non si deve iniziare se la temperatura ambientale non garantisce che l'applicazione avvenga ad una temperatura compresa tra +5 e + 35°C. Dovrà eseguirsi rispettando le indicazioni riportate sulle schede tecniche del prodotto utilizzato.

5- Applicazione

La boiaccia deve essere iniettata con pressione compatibile con la tipologia muratura, per non provocare dissesti nella muratura, utilizzando pompe meccaniche o manuali predisposte per le iniezioni. L'iniezione si esegue attraverso i tubicini precedentemente fissati partendo dalla fila inferiore, quando la boiaccia fuoriesce dal foro immediatamente superiore si provvede a chiudere il tubicino più basso, si procede con questa sequenza fino alla fuoriuscita della boiaccia dall'ultimo foro della fila più in alto.

1.3.1.1.13. *Iniezioni armate*

Le iniezioni armate consentono di realizzare per esempio rinforzi delle murature d'angolo, ricongiungimenti di parti lesionate, ammorsamenti di muri ortogonali e connettori per ringrossi di sezioni. Le iniezioni armate sono in pratica delle cuciture realizzate inghisando, all'interno di fori generalmente inclinati di 45° praticati nella muratura, armature metalliche. Il numero dei fori, la distanza tra di loro, il diametro e la lunghezza sono definite nel documento progettuale.

Il materiale d'iniezione dovrà essere:

- a) nel caso di cucitura di lesioni particolarmente profonde (si prefigura un intimo contatto tra la boiaccia d'iniezione e la muratura) una boiaccia di calce idraulica naturale marcata CE secondo la norma EN 998-2, essere classificata malta di tipo M15, e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding 8998	Assente
Tempo di lavorabilità	≥ 60 Minuti
Fluidità della boiaccia - Cono di Marsh (UNI EN 445 punto 3.2.2)	Iniziale ≤ 30 secondi dopo 30' ≤ 40 secondi dopo 60' ≤ 40 secondi
Resistenza a compressione, UNI EN 1015-11 (classe M15 – EN 998-2)	28 giorni ≥ 15 MPa
Permeabilità al vapore, UNI EN 1745	$\mu \leq 35$
Coefficiente di conducibilità termica, EN 1745	$\lambda = 0,83 \text{ W/mK}$
Contenuto Sali idrosolubili	< 0,2 %
Temperatura d'idratazione, camera adiabatica	≤ 35°C
Adesione al supporto per taglio, UNI EN 998-2	≥ 0,10
Reazione al fuoco, EN 13501-1	Classe A1

- b) nel caso di fori eseguiti in murature non fessurate o quando i volumi d'iniezione sono limitati praticamente al volume del foro il materiale d'iniezione dovrà essere una boiaccia realizzata con uno speciale legante espansivo, ad elevata fluidità che garantisca le seguenti prestazioni seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0,05%
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 15 MPa 7 giorni ≥ 35 MPa 28 giorni ≥ 45 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1 giorno ≥ 2 MPa 7 giorni ≥ 3 MPa 28 giorni ≥ 4 MPa
Espansione contrastata con stagionatura in acqua ad 1 giorno, UNI 8147	≥ 0,03%

- c) nel caso di iniezioni sopra-testa e per volumi pari al solo volume del foro il materiale d'inghisaggio dovrà essere un adesivo in cartuccia, tixotropico, bicomponente, a base di resina epossidica pura, privo di ritiro, conforme alle linee guida ETAG 001-5 e TR023.

Le fasi applicative possono essere così riassunte: 1-

Preparazione del supporto

E' necessario:

- eseguire la stilatura di tutti i giunti la cui malta risulti poco consistente o friabile,
- sigillare tutte le fessure per evitare la fuoriuscita della boiaccia

d'iniezione 2- Realizzazione dei fori

Dovranno essere realizzati mediante strumento a sola rotazione, generalmente inclinati di circa 45°. Il numero dei fori, la distanza tra di loro, il diametro e la lunghezza sono definite nel documento progettuale.

3- Pulizia dei fori

Si dovranno asportare utilizzando aria in pressione tutti i residui generatisi nella fase di esecuzione del foro. Nel caso di utilizzo di boiaccia come prescritto al punto a e b il foro dovrà anche essere preventivamente inumidito e l'acqua in eccesso eliminata mediante aria compressa. Nel caso c) (utilizzo di resine) la superficie del foro deve essere asciutta prima dell'applicazione del prodotto.

4- Miscelazione

La miscelazione non si deve iniziare se la temperatura ambientale non garantisce che l'applicazione avvenga ad una temperatura compresa tra +5 e + 35°C. Dovrà eseguirsi rispettando le indicazioni riportate sulle schede tecniche del prodotto utilizzato.

5- Applicazione

Il materiale d'iniezione dovrà essere iniettato a bassa pressione nel caso di cuciture di lesioni, oppure colato o estruso (resina in cartuccia) entro il foro. Terminata l'iniezione si inserisce la barra di armatura. Infine si esegue la finitura superficiale.

1.3.1.1.14. *Scuci e cucì*

L'intervento di scuci e cucì consiste nella ricostituzione della muratura degradata, disestata o mancante effettuando la sostituzione della vecchia muratura con la nuova operando per zone limitate e procedendo dall'alto verso il basso e per zone alternate.

Le malte da utilizzare dovranno essere compatibili con quelle struttura muraria esistente; le tipologie e le prestazioni delle stesse sono le medesime di quelle prescritte per gli interventi di ristilatura dei giunti di malta.

Le fasi applicative possono essere così

riassunte: 1- Demolizione della vecchia

muratura

Dovrà eseguirsi utilizzando mezzi manuali in modo da non danneggiare le zone di muratura limitrofe. Si procederà per zone limitate, procedendo dall'alto verso il basso e per zone alternate in modo da non indebolire l'intera muratura.

2- Pulizia e saturazione delle superfici

Le superfici che verranno a contatto con la nuova muratura dovranno essere pulite con aria compressa e successivamente saturate di acqua.

Al momento dell'applicazione la superficie della muratura deve risultare satura ma senza velo d'acqua in superficie.

3- Miscelazione

La miscelazione non si deve iniziare se la temperatura ambientale non garantisce che l'applicazione avvenga ad una temperatura compresa tra +5 e + 35°C. Dovrà eseguirsi rispettando le indicazioni riportate sulle schede tecniche del prodotto utilizzato.

4- Applicazione

La malta di allettamento e di collegamento dei conci dovrà essere applicata per uno spessore tale da ricostruire correttamente l'allineamento dei conci con la muratura esistente di circa 1-2 cm in finzione al tipo di muratura. Dopo che la malta avrà acquisito un po' di consistenza, si dovrà eseguire l'asportazione della malta in eccesso e la finitura superficiale lisciando o "segnandola" leggermente con una spazzola di saggina.

5- Stagionatura

Le superfici esposte a forte insolazione, ventilazione e bassa umidità relativa dovranno essere stagionate mediante stagionatura umida. In caso di pioggia le superfici su cui si è appena intervenuti dovranno essere protette.

1.3.1.1.15. *Lastra armata*

Il consolidamento effettuato realizzando lastre armate consente d'intervenire con efficacia nei casi di elementi in muratura che presentino fenomeni di schiacciamento e/o un diffuso stato fessurativo. L'intervento può prevedere la realizzazione della lastra armata su una sola faccia o su entrambe le facce del paramento murario. Nel caso d'intervento su entrambe le facce le lastre sono collegate mediante opportune iniezioni armate.

- a) Il consolidamento di una muratura storica costruita con malta di calce realizzato utilizzando la tecnica della lastra armata dovrà essere eseguito utilizzando una malta premiscelata a base di calce idraulica naturale, ad alta resistenza (classe M15), traspirante. Applicabile a mano o meccanicamente a spruzzo.

Tale malta dovrà avere la marcatura CE ed essere classificata, secondo la norma la norma EN 998-1 come GP "Malta per scopi generali per intonaci interni/esterni" di categoria CS IV e secondo la norma EN 998-2 come G "Malta da muratura a composizione prescritta per scopi generali per l'utilizzo esterno in elementi soggetti a requisiti strutturali" di classe M15. Dovrà fornire le seguenti prestazioni:

Tempo di lavorabilità	30 minuti
Permeabilità al vapore, UNI EN 1015-19	$\mu \leq 25$
Assorbimento capillare, UNI EN 1015-18	$\leq 0,2 \text{ Kg}/(\text{m}^2 \times \text{min}^{0,5})$
Adesione al supporto, UNI EN 1015-12	$\geq 0,8 \text{ MPa}$
Coefficiente di conducibilità termica, EN 1745 (valore tabulato)	$\lambda = 0,93 \text{ W/mK}$
Resistenza a compressione, UNI EN 1015-11	7 giorni $\geq 10 \text{ MPa}$ 28 giorni $\geq 15 \text{ MPa}$
Resistenza a flessione, UNI EN 1015-11	7 giorni $\geq 2,5 \text{ MPa}$ 28 giorni $\geq 4 \text{ MPa}$
Reazione al fuoco, EN 13501-1	Classe A1

La malta dovrà essere armata secondo le indicazioni progettuali con armatura zincata per evitare fenomeni di ossidazione in quanto le malte di calce non sono in grado di passivare le armature.

- b) Il consolidamento di una muratura che non deve rispettare "vincoli" storici realizzato utilizzando la tecnica della lastra armata dovrà essere eseguito utilizzando una malta cementizia, tixotropica, premiscelata, polimero modificata, monocomponente, ad alta resistenza (classe Md con $d > 20$), contenente fibre in poliacrilonitrile.

Tale malta dovrà avere la marcatura CE ed essere classificata, secondo la norma la norma EN 998-1 come GP “Malta per scopi generali per intonaci interni/esterni” di categoria CS IV e secondo la norma EN 998-2 come G “Malta da muratura a composizione prescritta per scopi generali per l’utilizzo esterno in elementi soggetti a requisiti strutturali”. Dovrà fornire le seguenti prestazioni:

Tempo di lavorabilità	45 Minuti
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤0.05%
Assorbimento capillare, UNI EN 1015-18	≤0,4 Kg/(m ² x min ^{0,5})
Adesione al supporto, UNI EN 1015-12	≥ 1,0 MPa
Coefficiente di conducibilità termica, EN 1745 (valore tabulato)	λ = 1,17 W/mK
Resistenza a compressione, UNI EN 1015-11 (a 1-7-28 gg)	In funzione della classe di resistenza della malta adottata
Resistenza a flessione, UNI EN 1015-11 (a 1-7-28 gg)	In funzione della classe di resistenza della malta adottata
Modulo elastico, UNI EN 13412	In funzione della classe di resistenza della malta adottata
Reazione al fuoco, EN 13501-1	Classe A1

In entrambi i casi a) e b), le fasi applicative possono essere così

riassunte: 1- Preparazione del supporto

Si dovrà asportare tutto l’eventuale intonaco e sostituire la malta di allettamento dei corsi di muratura che si presenta friabile e poco consistente.

2- Pulizia e saturazione delle superfici

Si dovranno eliminare meccanicamente eventuali efflorescenze, muffe ecc. La superficie dovrà essere depolverata mediante aria compressa. Infine si dovrà eseguire il lavaggio della superficie utilizzando acqua a bassa pressione.

3- Inserimento di armature di rinforzo

Le armature dovranno essere distanziate dal supporto di almeno 1 cm per permettere il passaggio della malta dietro l’armatura ed avere uno spessore di copriferro di almeno 2 cm. Nel caso si utilizzino reti elettrosaldate queste dovranno essere collegate alla muratura mediante dei connettori.

4- Miscelazione

La miscelazione non si dovrà iniziare se la temperatura ambientale non garantisce che l’applicazione avvenga ad una temperatura compresa tra +5 e + 35°C. Dovrà eseguirsi rispettando le indicazioni riportate sulle schede tecniche del prodotto utilizzato.

5- Applicazione

L’applicazione manuale si esegue, utilizzando una normale cazzuola, “proiettando” il prodotto con energia, senza mai spalmarlo sul supporto. È sempre consigliato eseguire un primo rinzaffo di 5-10 mm ed applicare il secondo strato al primo indurimento della malta. L’applicazione a spruzzo si realizzerà utilizzando macchine a pistone o coclea, non devono essere utilizzate macchine a ciclo continuo.

6- Lisciatura e frattazzatura

Poco dopo aver terminato la fase di applicazione la malta deve essere resa planare con una staggia di alluminio e successivamente lisciata con un frattazzo di plastica. Appena ha iniziato ad assumere una consistenza "gommosa", tale che si lasci sulla superficie una impronta con un dito, si deve procedere alla frattazzatura della superficie utilizzando un frattazzo di spugna. Questa operazione consente di prevenire la formazione di cavillature dovute alla prima evaporazione dell'acqua d'impasto.

7- Stagionatura

Le superfici esposte a forte insolazione, ventilazione e bassa umidità relativa dovranno essere stagionate mediante stagionatura umida. In caso di pioggia le superfici su cui si è appena intervenuti dovranno essere protette.

6.6 OPERE IN ACCIAIO

6.6.1 CLASSI DI ESECUZIONE

Ai sensi della norma UNI EN 1090-2 del 2011, che individua quattro classi di esecuzione identificate da EXC1 a EXC4 e i relativi requisiti, le opere da realizzare, salvo diverse indicazioni di FERROVIE, sono classificate come specificato nelle tabelle seguenti:

CLASSE DI ESECUZIONE	OPERE DA REALIZZARE
Classe EXC4	Opere di grandi dimensioni: ponti e viadotti ferroviari con luci > 150 m
Classe EXC3	Ponti ferroviari Opere di scavalco della sede ferroviaria Barriere antirumore Fabbricati suscettibili di grande affollamento
Classe EXC2	Altre opere

Tabella 6.6.1.1 – definizione delle classi di esecuzione

6.6.2 REQUISITI E OBBLIGHI DELL'ESECUTORE

6.6.2.1 Requisiti

È necessario che l'ESECUTORE sia iscritto all'Albo Nazionale dei Costruttori - categoria OS 18: «Costruzione, assemblaggio e posa in opera di carpenteria metallica» e sia dotato di un'organizzazione interna che permetta una adeguata gestione di tutte le attività di costruzione e di saldatura in officina e/o in cantiere concorrenti alla realizzazione dell'opera.

A tal fine l'ESECUTORE dovrà essere certificato in accordo alla UNI EN ISO 9001 e alla UNI EN ISO 3834 del 2006, in relazione alla classe di esecuzione di cui al punto precedente.

È inoltre richiesto che il livello di conoscenza tecnica del personale di Coordinamento della saldatura, secondo la norma UNI EN ISO 14731-2007 (ex UNI EN 719-1996), sia di tipo "completo" per le classi di esecuzione EXC4 ed EXC3 e di tipo "specifico" per la classe di esecuzione EXC2 fatto salvo che non ricorrano le condizioni riportate al prospetto 14 della UNI EN 1090 (t > 50 mm) per le quali è richiesto anche per tale classe il tipo "completo".

Per la realizzazione e il varo di travate metalliche per ponti e viadotti ferroviari le FERROVIE potranno avvalersi delle Ditte iscritte all'apposito Albo istituito presso FERROVIE:

- categoria TMF-001 (costruzione montaggio e varo di travate metalliche ferroviarie);
- categoria TMF-002 (montaggio e varo di travate ferroviarie).

6.6.2.2 Obblighi

L'ESECUTORE dovrà, nel più breve tempo possibile e prima dell'inizio delle attività di costruzione, presentare alle FERROVIE:

- i disegni d'officina in duplice copia (di cui una su supporto informatico);
- il computo metrico;
- le distinte dei vari elementi costituenti la struttura metallica (comprese le vernici), corredate delle copie degli ordini e delle relative conferme d'ordine da parte delle singole ferriere o stabilimenti produttori.

Le distinte dovranno riportare:

- l'indicazione della qualità del materiale;
- le dimensioni;
- il numero dei pezzi;
- il peso;
- il numero del disegno di progetto a cui si riferisce, nonché il numero di posizione e marca d'officina, risultante dai disegni costruttivi d'officina.

Resta, altresì, inteso che l'eventuale errata ordinazione dei materiali alle ferriere o stabilimenti produttori non esonera l'ESECUTORE dalle conseguenze derivanti.

Infine, le eventuali varianti relative alla qualità dei materiali, ai profili e ai particolari strutturali che l'ESECUTORE intendesse apportare rispetto alle indicazioni contenute nei disegni approvati, dovranno essere preventivamente richieste e approvate dalle FERROVIE.

Fatto salvo quanto disposto al par. 4.2 della UNI EN 1090-2 in merito alla documentazione che l'ESECUTORE deve presentare, lo stesso dovrà inoltre provvedere alla stesura del Piano della Qualità e di un Piano di Controllo della Qualità. La documentazione suddetta dovrà essere presentata per l'approvazione alle FERROVIE che si riservano la facoltà di modificarla qualora non conforme alle proprie prescrizioni. Per quanto attiene gli obblighi connessi alla presentazione della documentazione inerente le saldature, si rimanda al par. 6.6.7.1.

Al fine di verificare la rispondenza dei materiali e delle successive lavorazioni alle specifiche e agli standard prefissati, l'ESECUTORE deve eseguire o far eseguire a proprie spese tutte le prove e i controlli di legge, quelli previsti dalle presenti prescrizioni, nonché quelli integrativi richiesti dalle FERROVIE in base a motivate esigenze tecniche, ovvero dal Collaudatore statico e/o dalla Commissione di Collaudo. Le prove sui materiali debbono essere eseguite presso un Laboratorio Ufficiale o Autorizzato di cui all'art. 59 del DPR n.380/2001 alla presenza del personale delle FERROVIE.

L'ESECUTORE deve inoltre fornire la manodopera e le attrezzature necessarie per permettere al personale incaricato dalle FERROVIE di eseguire controlli relativi a tutte le lavorazioni in officina nonché predisporre le eventuali opere provvisorie e ponteggi necessari per effettuare i controlli di premontaggio dell'opera in officina e/o in cantiere.

Tutti gli oneri diretti e indiretti derivanti dall'applicazione delle presenti prescrizioni sono compresi e compensati dai prezzi contrattuali.

Limitatamente ai ponti e viadotti ferroviari e cavalcaferrovia le lamiere accettate potranno essere inviate al taglio solo dopo che sui singoli pezzi da ricavare, già tracciati sulle stesse a cura dell'ESECUTORE, sarà stato apposto il punzone del personale delle FERROVIE.

A tale scopo dovranno essere presentati gli schemi di taglio con l'indicazione grafica, in opportuna scala, delle strisce e delle piastre che verranno ricavate da ciascuna lamiera, il numero, le dimensioni dei pezzi e le relative marche di officina.

Le convocazioni per il controllo dei materiali grezzi approntati sia presso le ferriere che presso lo stabilimento dell'ESECUTORE dovranno essere trasmesse alle FERROVIE, con un anticipo di almeno 15 (quindici) giorni, in modo che le stesse siano messe in grado di programmare gli interventi.

Per i controlli effettuati all'estero le spese di trasferta del personale ferroviario incaricato (viaggio, soggiorno ecc.) saranno a carico dell'ESECUTORE il quale dovrà presenziare con il proprio personale.

Al termine dell'attività di controllo, sia sui materiali che sulle lavorazioni, l'ESECUTORE è tenuto a trasmettere alle FERROVIE un dossier contenente la certificazione prodotta.

6.6.3 QUALITA' DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

6.6.3.1 Profilati e lamiere

È consentito ricavare larghi-piatti, piastre, etc. di spessore superiore a 6 mm, solamente da lamiera da treno, restando quindi escluse quelle ottenute da nastri o rotoli.

6.6.3.1.1 Strutture in classe di esecuzione EXC2

Per le qualità dei materiali si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati), recanti la marcatura CE e DOP (dichiarazione di prestazione secondo Regolamento EU n.305/11).

I documenti di accompagnamento delle forniture dovranno fare riferimento al prospetto 1 della EN 1090-2 fatta eccezione per la bulloneria strutturale e per i perni, per i quali dovrà essere prodotta la certificazione 3.1 secondo UNI EN ISO 10204.

Per quanto riguarda le condizioni superficiali e le caratteristiche dimensionali, il materiale dovrà rispettare le limitazioni riportate nella tabella seguente:

CLASSE DI ESECUZIONE	EXC2
SPESSORE LAMIERE (UNI EN 10029)	Classe A
PLANARITA' LAMIERE (UNI EN 10029)	Classe N

Tutti i materiali delle strutture principali destinati ad essere saldati devono essere, in ogni caso, almeno di grado J2 e/o K2 e di regola dovranno essere normalizzati.

La calatura dovrà di regola essere effettuata all'alluminio. Qualora sia effettuata con altri elementi (Nb, Ti, Va, etc.) in grado di fissare l'ossigeno, tali elementi dovranno essere indicati nel certificato di controllo.

Per tutti gli acciai sopra riportati, il valore del Ceq (Carbonio Equivalente) risultante dall'analisi chimica eseguita sul prodotto non dovrà essere maggiore di 0,02 rispetto al valore percentuale indicato per la colata nel certificato di controllo. Per gli altri elementi gli scostamenti ammessi sono quelli indicati nelle norme vigenti.

Sui certificati di controllo deve figurare il tenore degli elementi che figurano nella formula per il calcolo del valore equivalente di carbonio.

Sulle lamiere di spessore > 15 mm interessate da saldatura e quando esplicitamente richiesto dalle FERROVIE per un particolare progetto, si dovrà eseguire il controllo ultrasonoro con le modalità della classe S2 + E3 ai sensi della norma UNI EN 10160.

Sulle lamiere di spessore ≥ 25 mm destinate alla composizione di profili composti mediante saldatura con cordoni a parziale e/o a piena penetrazione (escluse quelle composte con saldatura testa a testa), e/o soggette a sforzi nel senso trasversale alla direzione di laminazione (es. giunti a croce), dovrà essere eseguito il controllo della duttilità con prova di trazione perpendicolare alla superficie del prodotto secondo UNI EN 10164:2004, classe di qualità Z35.

Per elementi strutturali non destinati ad essere saldati valgono le indicazioni della norma UNI EN 10025 - 2 per l'acciaio S275 e S355. È ammessa in questo caso la calatura al Silicio.

Per le strutture secondarie e quant'altro non facente parte della struttura principale è ammesso l'impiego di materiale S275 JR e 355 JR UNI EN 10025 – 1 e 2.

Per quanto riguarda le condizioni superficiali e le caratteristiche dimensionali, il materiale dovrà rispettare le limitazioni riportate nella tabella seguente, con la precisazione che per ponti e viadotti ferroviari valgono i limiti della classe EXC4

CLASSE DI ESECUZIONE	EXC3⁽¹⁾	EXC4
SPESSORE LAMIERE (UNI EN 10029)	Classe B	Classe B
PLANARITA' LAMIERE (UNI EN 10029)	Classe N	Classe S
FINITURA SUPERFICIALE LAMIERE (UNI EN 10163-2)	Classe A/2	Classe B/3
FINITURA SUPERFICIALI PRODOTTI LUNGHI (UNI EN 10163-3)	Classe C/1	Classe D/ 3

Tabella 6.6.3.1.2.2

6.6.3.1.3 Strutture per ponti ferroviari

Limitatamente alle strutture principali per ponti ferroviari quali ad esempio travi principali, briglie, diagonali, travi trasversali, longherine, ecc, l'acciaio dovrà corrispondere alle qualità riportate nella medesima classe EXC3 e EXC4 con le seguenti prescrizioni:

- Per materiali di spessore superiore o uguali a 50 mm, la temperatura cui eseguire le prove di resilienza è di -50 C° . In tal caso le provette dovranno essere ricavate sia in corrispondenza della superficie di laminazione che a metà spessore. Si precisa che le FERROVIE si riservano di chiedere l'esecuzione di prove CTOD secondo la norma BS7910 per applicazioni particolari come ad esempio combinazioni tra spessori elevati, basse temperature di esercizio, elevate sollecitazioni, giunti particolarmente complessi, ecc. Il valore delta di apertura all'apice della cricca, da garantire alla temperatura minima di servizio, è pari a 0,2 mm.
- Per gli elementi interessati da saldatura sono previsti i seguenti limiti del C_{eq} (valore equivalente di carbonio) rilevato secondo l'espressione $C_{eq} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$ dall'analisi chimica di colata del certificato di controllo:

	per $t \leq 40\text{ mm}$	per $t > 40\text{ mm}$ e per profili laminati
Acciaio S275	$C_{eq} \leq 0,38\%$	$C_{eq} \leq 0,40\%$
Acciaio S355	$C_{eq} \leq 0,43\%$	$C_{eq} \leq 0,45\%$
Acciaio S355 W	$C_{eq} \leq 0,49\%$	$C_{eq} \leq 0,50\%$
Acciaio S420	$C_{eq} \leq 0,46\%$	$C_{eq} \leq 0,48\%$
Acciaio S460	$C_{eq} \leq 0,51\%$	$C_{eq} \leq 0,52\%$

Tabella 6.6.3.1.3.1

Su tutti i materiali interessati dalla saldatura i contenuti di zolfo e silicio dovranno rispettare anche le seguenti limitazioni:

- S < 0,012% per lamiere di qualsiasi spessore
- Si < 0,35% per materiale in acciaio S275

- Si < 0,40% per tutti gli altri materiali.

Per le lamiere striate o bugnate del tavolato, da realizzarsi con spessore 5 mm + 2 mm di stria (bugna), è previsto l'impiego di materiale S235 JR UNI EN 10025 – 1 e 2 zincato a caldo secondo la norma UNI EN ISO 1461.

Per i tavolati realizzati in grigliato elettrosaldato è previsto l'impiego di grigliato alveolare zincato a caldo secondo UNI EN ISO 1461 con maglia 30 x 30 mm, piatto portante 30 x 3 mm e asta secondaria 20 x 3 mm, ovvero maglia 34 x 38, piatto portante 30 x 4 mm e asta secondaria in quadro ritorto, oppure d'altro tipo ma di caratteristiche equivalenti di peso e portata; quale materiale si impiegherà acciaio S235 JR UNI EN 10025 – 1 e 2.

Le chivarde di ritegno dei legnami da ponte debbono essere del tipo a testa quadra con quadro sottotesta e devono essere conformi al disegno di FERROVIE n. 3313 del 2011 e alla "Specificazione Tecnica di Fornitura per Chivarde per Armamento Ferroviario (RFI TCAR SF AR 05 008A)".

Le chivarde devono essere realizzate con materiale avente classe di resistenza 5.6 secondo la norma ISO 898 parte 1, i dadi con materiale avente classe di resistenza 5 secondo la norma UNI EN ISO 20898 parte II.

6.6.3.2 Chiodi

I chiodi da ribadire a caldo dovranno essere ricavati da tondi laminati di materiale S275 JR UNI EN 10025 provvisti di marcatura CE. Le dimensioni del prodotto finito devono corrispondere ai valori indicati nella UNI 136 (chiodi a testa tonda stretta) e nella UNI 139 (chiodi a testa svasata piana).

6.6.3.3 Bulloni

Per le prescrizioni sui bulloni delle giunzioni di opere in classe di esecuzione EXC2 e delle giunzioni di elementi secondari di opere in classe di esecuzione EXC3 e EXC4 si rimanda a quanto indicato nel DM 17.01.2018. Per le restanti giunzioni, valgono le prescrizioni riportate di seguito.

I bulloni dovranno essere unicamente del tipo "ad alta resistenza" ai sensi delle seguenti norme:

- viti secondo EN 14399-4
- dadi secondo EN 14399-4
- rondelle (rosette) secondo EN 14399-6
- piastrine secondo UNI 5715 -5716

La classe del bullone sarà selezionata in funzione del tipo di giunto da realizzare, ed in particolare:

per giunti con bulloni a taglio:

- Viti di classe 8.8
- Viti di classe 10.9
- Dadi di classe 8
- Dadi di classe 10

per giunti con bulloni ad attrito:

- Viti di classe 10.9
- Dadi di classe 10

Nel caso vengano utilizzati per i giunti a taglio bulloni della classe 10.9 gli stessi dovranno essere dimensionati come appartenenti alla classe 8.8.

Le tolleranze sulle dimensioni dei bulloni non dovranno essere superiori a quelle previste per la bulloneria di grado A UNI EN ISO 4759 parte 1 (h13, ovvero h11 se richiesto espressamente all'ordine, per diametro di gambo libero).

Per quanto riguarda le caratteristiche chimiche e meccaniche, si rimanda alle norme EN ISO 898-1 e 2.

In entrambe le tipologie di giunzione, rondelle e piastrine saranno in acciaio temprato e rinvenuto di durezza 300 – 370 HV.

Non è ammesso l'impiego di bulloni zincati nelle opere in classe di esecuzione EXC3 e EXC4.

Presentazione ed imballaggio

Viti, dadi e rondelle dovranno essere opportunamente contrassegnati come di seguito indicato:

- Indicazione del PRODUTTORE (marchio);
- Classe di resistenza;
- Sistema di assieme (HR e HV);
- Codice alfanumerico di identificazione che dovrà garantire la rintracciabilità del prodotto sulla base delle registrazioni di produzione e controllo.

Il contrassegno potrà essere eseguito per le viti sulla testa all'atto della ricalcatura, mentre per i dadi e le rondelle deve essere inciso su una delle facce di appoggio.

Tutta la bulloneria deve essere fornita in robusti contenitori di legno o metallo (sono da escludere contenitori di cartone) sigillati nelle modalità indicate dalla norma EN 14399-1 e protetti fino al loro impiego per non alterare le condizioni di lubrificazione che potrebbero modificare il valore del coefficiente K.

Su ogni contenitore deve essere apposto un cartellino sul quale dovranno essere riportati:

- Marcatura CE;
- Numero di identificazione dell'organismo di certificazione;
- La denominazione del fornitore;
- Normativa di riferimento;
- La classe di resistenza;
- Il sistema di assieme;
- K-class nonchè il valore in Nm della coppia di serraggio ovvero coppia +rotazione;
- Il numero distintivo del lotto di appartenenza;
- Il numero dei pezzi contenuti e le loro dimensioni;
- Gli estremi dell'ordinazione.

Nell'ambito della stessa opera i valori di K (K1 o K2) dovranno essere tali che la coppia o la coppia più rotazione sia la stessa per ciascun diametro. Questo per evidenti necessità di montaggio e manutenzione.

Prima del ciclo di verniciatura le parti esterne dei bulloni dovranno essere spazzolati e sgrassati con opportuni solventi compatibili con il tipo di acciaio utilizzato e con il tipo di pittura che dovrà impiegarsi.

6.6.3.4 Connettori

Dovranno utilizzarsi solamente prodotti provvisti di marcatura CE e delle tipologie di seguito descritte.

Connettori a piolo

L'acciaio deve essere idoneo al processo di formazione dei connettori e compatibile per saldatura con il materiale costituente l'elemento strutturale al quale verranno collegati; esso dovrà avere le seguenti caratteristiche meccaniche risultanti sul prodotto secondo EN ISO 13918 – UNI EN 10025 qualità S235 J2 G3 + C 450 o similari (ST 37 – 3K DIN 50049):

- $f_u/f_y \geq 1,2$
- $f_y \geq 350 \text{ N/mm}^2$
- $f_u \geq 450 \text{ N/mm}^2$
- Allungamento: $\geq 12\%$
- Strizione: $\geq 50\%$
- Composizione chimica $C \leq 0.18$, $Mn \leq 0.9$, $S \leq 0.04$, $P \leq 0.05$.

Connettori realizzati da profili, lamiera ecc.

L'Acciaio deve essere equivalente a quello impiegato per la realizzazione dell'elemento strutturale a cui i connettori stessi sono saldati.

6.6.4 PROVE DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI

Su tutti i materiali da impiegare l'ESECUTORE dovrà effettuare, a sua cura e spesa, presso Laboratori Ufficiali o autorizzati, di cui all'art. 59 del DPR 380/2001, le prove di seguito specificate. Le prove saranno eseguite alla presenza di un rappresentante delle FERROVIE.

6.6.4.1 Profilati e lamiera

Saranno effettuate prove meccaniche e chimiche su tre campioni per unità di controllo secondo lo schema seguente:

CLASSE DI ESECUZIONE	UNITA' DI CONTROLLO
EXC2	Ogni 90 tonnellate o frazione
EXC3	Ogni 40 tonnellate o frazione per ponti e viadotti ferroviari Ogni 60 tonnellate o frazione per le altre opere
EXC4	Ogni 40 tonnellate o frazione

Tabella 6.6.4.1.1

Ai fini della definizione dell'unità di controllo si precisa quanto segue:

- per appartenere alla stessa unità di controllo il materiale deve essere della stessa colata e aver subito lo stesso ciclo di lavorazione e lo stesso trattamento termico.

- Ogni unità di controllo può raggruppare solamente materiali aventi spessore che non differiscano fra loro più di 4 mm (per profilati a C, a T e a doppio T si fa riferimento allo spessore delle ali).

Se il numero degli elementi (travi, profili, lamiere ecc.) è minore o uguale a tre unità, si potrà prelevare un solo campione.

Nel caso di lamiere ricavate dalla stessa unità laminata, è consentito il prelievo di un unico campione anche se il numero degli elementi è maggiore di tre.

Su ciascun campione verranno ricavati i seguenti provini:

- n. 1 provino per la prova di trazione;
- n. 3 provini per la prova di resilienza;
- n. 3 provini per la strizione (ove specificato).

Inoltre su uno solo dei tre campioni prelevati verrà eseguita l'analisi chimica.

Su tutti i materiali impiegati dovrà inoltre eseguirsi il controllo delle condizioni superficiali e delle caratteristiche dimensionali nel rispetto delle UNI EN di riferimento, verificando altresì per ciascuna classe di esecuzione le caratteristiche di fornitura indicate nelle tabelle 6.6.3.1.2.1 e 6.6.3.1.2.2.

Tale controllo, da effettuare anch'esso alla presenza di un rappresentante delle FERROVIE, può essere eseguito, oltre che presso l'officina dell'ESECUTORE, anche presso il PRODUTTORE, sempre che siano disponibili aree e mezzi adeguati.

6.6.4.2 Chiodi

Limitatamente alle opere appartenenti alla classe di esecuzione EXC3 e EXC4 si dovranno eseguire, per ciascuna colata, le prove di seguito specificate su una serie di campioni prelevati dal lotto di chiodi approvvigionati.

Esame	Metodo di prova	Criterio di accettabilità
Controllo visivo e dimensionale	Visivo e strumentale	UNI 136 e UNI 139
Controllo superficiale mediante decapaggio	Immersione in acido (par.6.4.1 UNI 7356-74)	Assenza di cricche dopo asportazione con lima
Prova di trazione	UNI EN 10025	UNI EN 10025
Prova di schiacciamento	(par. 6.2.2 UNI 7356-74)	Nessuna cricca o lesione
Composizione chimica	Quantometrica	UNI EN 10025

Tabella 6.6.4.2.1 - Programma delle prove, modalità di esecuzione e criteri di accettabilità dei chiodistampati

Il controllo visivo e dimensionale dovrà essere eseguito su almeno il 5% dei chiodi approvvigionati.

Qualora la lunghezza dei chiodi non consenta di ricavare i provini per la prova di trazione dovranno eseguirsi in alternativa prove di durezza per una stima della resistenza.

Per lotti di chiodi della stessa colata, di quantità inferiori a 100 pezzi, e per le opere in classe di esecuzione EXC2, le FERROVIE si riservano la facoltà di accettare il certificato 3.1 secondo UNI EN 10204, richiedendo a propria discrezione prove di durezza integrative.

6.6.4.3 Bulloni

Per le opere appartenenti alle classi di esecuzione EXC3 e EXC4 si dovranno eseguire, per ciascuna colata, le prove di seguito specificate su due serie di campioni prelevati dal lotto di bulloni approvvigionati.

Per i lotti di bulloni, della stessa colata, di quantità inferiori a 100 pezzi, le FERROVIE si riservano la facoltà di accettare il certificato 3.1 secondo EN 10204, richiedendo a propria discrezione solamente prove di durezza.

Per le prove sui bulloni destinati a opere appartenenti alla classe di esecuzione EXC2 si farà riferimento a quanto prescritto dalla normativa tecnica nazionale vigente, fermo restando l'obbligo della certificazione 3.1 ai sensi della citata norma.

Le prove, da eseguirsi ai sensi delle norme UNI richiamate nel paragrafo 6.6.3.3, sono le seguenti:

Viti:

- prova di trazione su provetta (quando la lunghezza lo consente)
- prova di trazione su appoggio a cuneo
- prova di durezza
- prova di tenacità della testa
- prova di resilienza
- controllo della decarburazione
- prova di secondo rinvenimento
- analisi chimica
- controllo dimensionale ed esterno
- controllo coefficiente k

Dadi:

- prova di durezza
- carico di prova
- analisi chimica.
- esame dei difetti superficiali

Rondelle:

- prova di durezza

Qualora l'esito dei controlli non fosse positivo, i contenitori dei bulloni scartati dovranno essere opportunamente contrassegnati e tenuti a disposizione delle FERROVIE fino al termine dei lavori, salvo autorizzazione in contrario, da richiedere specificatamente per iscritto.

Le unità di prodotto trovate difettose al montaggio, o nei successivi controlli, benché facenti parte di un lotto accettato, dovranno essere completamente sostituite.

6.6.4.4 Chiavarde

Il controllo visivo e dimensionale dovrà essere eseguito su almeno il 5% delle chiavarde approvvigionate e dovrà accertare il rispetto delle dimensioni indicate nel disegno FERROVIE n° 3313 del 2011.

6.6.4.5 Connettori

Per ciascuna colata dovranno eseguirsi, su campioni prelevati dal lotto di connettori approvvigionati, tre prove di trazione e un'analisi chimica facendo riferimento ai valori e alle norme riportati nel paragrafo 6.6.3.4.

6.6.4.6 Apparecchi d'appoggio, coprigiunti, pendini

Per quanto riguarda gli apparecchi d'appoggio, i coprigiunti, i pendini e le relative articolazioni, anche di cavalcavia stradali, si rimanda a quanto indicato nella Sezione 12 di questo Capitolato.

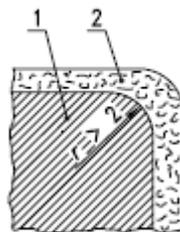
6.6.5 LAVORAZIONI D'OFFICINA E PRESCRIZIONI

6.6.5.1 Generalità

Gli elementi della struttura debbono essere prodotti rispettando le indicazioni progettuali e le tolleranze nel seguito indicate.

Le attrezzature impiegate nel processo di produzione debbono essere mantenute efficienti e operative al fine di garantire che l'usura e il danneggiamento non pregiudichi la qualità del processo di produzione.

Nel caso di opere in classe di esecuzione EXC3 e EXC4, laddove sia previsto un qualsiasi tipo di trattamento superficiale per la protezione dalla corrosione, gli spigoli degli elementi dovranno essere arrotondati come indicato nella figura 6.6.5.1-1, che prevede un raggio di arrotondamento minimo maggiore di 2 mm.



Spigolo arrotondato
Buono

Figura 6.6.5.1-1

6.6.5.2 Tagli

Per il taglio degli elementi potranno essere impiegati i seguenti procedimenti:

- fiamma ossiacetilenica,
- plasma,
- laser,
- dispositivo meccanico (sega, cesoia, etc...).

Per le strutture in classe di esecuzione EXC3 e EXC4 è vietato l'uso della cesoia.

Gli elementi principali (es. piattabande, anime, coprigiunti ecc.) dovranno essere ricavati in maniera tale che il senso di laminazione delle lamiere coincida con il senso dello sforzo predominante nei pezzi stessi.

La superficie dei tagli dovrà essere convenientemente rifinita mediante molatura in modo da eliminare difetti locali, sbavature e irregolarità. Si rimanda in proposito a quanto indicato nel prospetto 9 della EN 1090 facendo presente che per i materiali destinati ai ponti e viadotti ferroviari appartenenti alla classe di esecuzione EXC3 dovranno utilizzarsi i requisiti specificati in detta norma per la classe di esecuzione EXC4.

Particolare cura dovrà essere posta nell'evitare aperture o tagli ad angolo vivo. Le aperture o tagli realizzati con una qualsiasi metodologia dovranno avere angoli ben raccordati; in alternativa e subordinatamente all'autorizzazione preventiva da parte delle FERROVIE, i suddetti raccordi potranno essere sostituiti da fori eseguiti con trapano al vertice degli angoli.

6.6.5.3 Assemblaggio dei pezzi

È vietato l'uso di puntature per l'assemblaggio dei pezzi in officina e nella fase di premontaggio parziale o totale fatto salvo quando necessarie per l'assieme dei pezzi da saldare.

Nei pezzi da incurvare, l'incurvatura dovrà essere eseguita a caldo (rosso vivo) lasciando poi raffreddare i pezzi lentamente. Si precisa che è proibito continuare a incurvare un pezzo quando esso non abbia più colore rosso.

Nel caso di accoppiamento di piatti e larghi-piatti (ovvero le strisce ricavate da lamiere) per la formazione di strutture composte (come ad esempio le travi a T), essi dovranno essere rifiniti convenientemente con opportune lavorazioni in modo da rispettare le quote previste dai disegni e le tolleranze prescritte.

Nei nodi principali delle strutture, realizzati attraverso giunzione flangiata, dovrà essere prevista adeguata lavorazione meccanica al fine di garantire una perfetta planarità delle superfici accoppiate, con una tolleranza pari a $\pm 0,5$ mm.

6.6.5.4 Forature ed alesature

Di regola, per accoppiamenti a taglio di precisione o ad attrito con tolleranze ridotte (laddove tale requisito è previsto da progetto), i fori dovranno realizzarsi a diametro convenientemente ridotto, almeno 2 mm, e successivamente alesati a diametro definitivo dopo che la struttura sarà stata completamente premontata con l'ausilio di idonei bulloni e spine di montaggio. A valle dell'alesatura a diametro, le forature dovranno essere sottoposte al controllo delle FERROVIE.

Per tutti gli altri accoppiamenti è possibile forare a diametro definitivo.

Per le classi di esecuzione EXC3 e EXC4 tutte le forature dovranno essere eseguite al trapano o carotatrice, restando escluso l'uso del punzone.

6.6.5.5 Controllo dimensionale dei singoli pezzi

Le FERROVIE si riservano la facoltà di verificare che le dimensioni dei singoli pezzi siano corrispondenti a quelle di progetto, tenuto conto delle tolleranze riportate nell'allegato D della norma UNI EN 1090. Per le tolleranze dimensionali sui profili composti saldati si rimanda al par. 6.6.7.18.

6.6.6 BULLONATURE

6.6.6.1 Generalita'

Per le prescrizioni sui bulloni delle giunzioni di opere in classe di esecuzione EXC2 e delle giunzioni di elementi secondari di opere in classe di esecuzione EXC3 e EXC4 si rimanda a quanto indicato nel DM 17.01.2018. Per le restanti giunzioni, valgono le prescrizioni riportate di seguito.

Le giunzioni bullonate sono da prevedersi mediante l'impiego dei seguenti procedimenti:

- bulloni a taglio con accoppiamento di precisione, con gioco foro-bullone, comprensivo delle rispettive tolleranze, non superiore a 0,3 mm per $\varnothing \leq 20$ mm e non superiore a 0,5 mm per $\varnothing > 20$ mm.
- bulloni ad attrito, con coefficiente d'attrito pari a 0.3 (con superfici delle giunzioni sabbiate al metallo bianco e protette sino al serraggio dei bulloni) con gioco foro bullone non superiore a 1 mm per $\varnothing \leq 20$ mm e non superiore a 1,5 mm per $\varnothing > 20$ mm.

Nei bulloni a taglio, in considerazione delle tolleranze ristrette di accoppiamento, si dovranno scegliere opportunamente le tolleranze dimensionali sul diametro della vite.

Per quanto riguarda le giunzioni di elementi secondari ad esempio i parapetti, si prevedono giunti con bulloni a taglio di caratteristiche correnti, come riportato nel paragrafo 4.2.8.1.1 del DM 17.01.2018.

Su una stessa struttura potranno essere adottati bulloni di tipologie diverse, a taglio o ad attrito, purché gli stessi siano identificabili a vista ed inoltre siano chiaramente indicate nei disegni di progetto e d'officina le diverse lavorazioni imposte per i fori e le relative tolleranze massime.

I bulloni con asse verticale dovranno essere montati in opera con la testa verso l'alto e con una rosetta posta sotto la testa della vite (smusso verso testa) ed una rosetta posta sotto il dado (smusso verso il dado).

I dadi debbono essere assemblati in modo tale da rendere visibile la marcatura per il controllo dopo il montaggio.

Per la stessa parte d'opera, i valori di K e della coppia di serraggio dovranno essere univoci per ciascun diametro e per tipologia di accoppiamento (attrito o taglio).

Dovrà essere posizionata in punti facilmente accessibili, idonea tabella in inox contenente l'indicazione del coefficiente K e del valore della coppia di serraggio nonché l'eventuale dispositivo anti svitamento adottato. Nel caso dei ponti ferroviari la targhetta andrà posta in corrispondenza di una delle testate.

Sono ammessi bulloni con diametro 12 – 14 – 16 – 18 – 20 – 22 – 24 – 27 mm.

Non sono ammessi disassamenti dei fori che non consentano il passaggio del bullone previsto. In nessun caso sono ammesse ovalizzazioni dei fori ed in caso si dovrà procedere ad alesatura a diametro superiore con adeguata sostituzione dei bulloni interessati.

Per quanto riguarda l'ortogonalità tra asse del bullone e superficie bullonata, è consentito uno scostamento $< 1^\circ$.

6.6.6.2 Giunzioni con bulloni a taglio

La lunghezza delle viti dovrà essere calcolata in modo che non più di mezza spira ricada all'interno del pacchetto da serrare. Qualora resti compreso nel foro un tratto filettato se ne dovrà tenere adeguato conto nelle verifiche di resistenza.

Tutti i bulloni dovranno essere adeguatamente serrati ed in particolare:

- bulloni soggetti anche a carico assiale: serraggio al 100% del valore che garantisce i precarichi indicati nella tabella seguente;
- bulloni soggetti unicamente a taglio: è ammessa una riduzione del serraggio all'80% del valore che garantisce i precarichi riportati nella tabella seguente, purché si indichi nel contempo l'adeguato provvedimento contro l'auto svitamento del bullone approvato dalle FERROVIE.

Ø (mm)	Ares (mm ²)	NS (kN)	
		Classe 8.8	Classe 10.9
12	84	38	47
14	115	52	64
16	157	70	88
18	192	86	108
20	245	110	137
22	303	136	170
24	353	158	198
27	459	206	257
30	561	251	314
Ns = Precarico			

Tabella 6.6.6.2.1 tabella di riferimento per il serraggio dei bulloni a taglio

Per quanto riguarda le attrezzature e le procedure di serraggio si richiama quanto riportato per le giunzioni ad attrito nel successivo paragrafo 6.6.6.4.

6.6.6.3 Giunzioni con bulloni ad attrito

Le superfici sabbiate a metallo bianco SA 2 e 1/2 dovranno essere protette con pellicole o altri mezzi che preservino la pulizia delle superfici fino al momento dell'accoppiamento in cantiere. In alternativa, previa autorizzazione delle FERROVIE, potranno essere utilizzati idonei prodotti (zincanti inorganici, etc.) da applicare in officina per i quali sia stata prodotta idonea documentazione comprovante il coefficiente di attrito previsto in progetto.

Tutti i bulloni dovranno essere accuratamente serrati al 100% del valore tabellare previsto dal DM 17.01.2018 al paragrafo 4.2.8. e dalla circolare applicativa al DM 2008.

6.6.6.4 Modalità di serraggio

Prima di procedere all'assemblaggio di un giunto occorre rimuovere bave, impurità e accumuli di rivestimento che potrebbero causare depositi solidi.

Il giunto deve essere predisposto nella disposizione definitiva mediante un numero opportuno di "spine", in grado di impedire spostamenti relativi tra i pezzi da unire e consentire l'adeguata corrispondenza dei fori.

Il serraggio deve essere eseguito mediante rotazione del dado eccetto quando non è possibile accedere dalla parte ove lo stesso è ubicato. Quando il serraggio avviene mediante la rotazione della vite, debbono essere eseguite apposite prove di taratura come indicato al par. 8.5.1 della EN 1090-

2.

Il serraggio deve essere eseguito progressivamente dalla parte più rigida della giunzione alla parte meno rigida tenendo conto che per raggiungere l'uniformità del precarico potrebbero essere necessari più cicli di serraggio.

Sono previsti i seguenti metodi di serraggio:

- serraggio con il metodo della coppia;
- serraggio con il metodo combinato.

Le chiavi torsionometriche utilizzate in ogni fase del serraggio con il metodo della coppia, debbono avere un'accuratezza pari a $\pm 4\%$ in accordo con la norma EN ISO 6789. Per ogni chiave deve essere verificata l'accuratezza con frequenza almeno settimanale e, in caso di chiavi pneumatiche, ogni volta che varia la lunghezza della vite. Per chiavi torsionometriche utilizzate nella prima fase di serraggio con metodo combinato, si richiede un'accuratezza di $\pm 10\%$ e un controllo con periodicità annuale;

Il controllo della chiave deve essere effettuato anche a seguito di un incidente accaduto durante l'uso (ad es. caduta della chiave, sovraccarico, ecc.) che possa comprometterne l'idoneità.

Se un assieme è stato serrato con il precarico richiesto e successivamente per qualsiasi motivo viene allentato, questo dovrà essere di regola rimosso e l'intero assieme (vite-dado-rondelle) sostituito. In fase di approvvigionamento dei bulloni, l'ESECUTORE dovrà prevedere un'adeguata scorta di bulloni, sufficienti per le prove di serraggio.

6.6.6.4.1 Serraggio con il metodo della coppia

La coppia di serraggio deve essere applicata in continuo e in modo uniforme.

Il processo di serraggio per ogni bullone generalmente comprende almeno due fasi:

- una prima fase consiste nel serrare l'assieme fino al raggiungimento del 75% circa del valore della coppia richiesta. Questa prima fase deve essere completata per tutti gli assieme prima di proseguire alla fase successiva;
- una seconda fase di raggiungimento del 100% del valore di coppia richiesta.

6.6.6.4.2 Serraggio con il metodo combinato

Il serraggio con il metodo combinato comprende due fasi:

- una fase di serraggio iniziale, che consiste nel serrare l'assieme fino al raggiungimento del 75% del valore della coppia richiesta, salvo più precise indicazioni fornite dal PRODUTTORE dei bulloni. Questa prima fase deve essere completata per tutti gli assieme prima di proseguire alla fase successiva;
- una seconda fase di serraggio finale in cui viene messo in rotazione il componente dell'assieme che deve ruotare nelle misure indicata dal PRODUTTORE. La posizione relativa del dado rispetto alla filettatura della vite deve essere contrassegnata con un pennarello indelebile al termine della prima fase, in modo tale che possa essere facilmente determinata la rotazione finale del dado rispetto al filetto della vite.

6.6.6.5 Controllo del serraggio

Tutti i collegamenti effettuati con bulloni precaricati debbono essere sottoposti a controllo visivo dopo accostamento iniziale sulla struttura abbinata e prima della fase di precarico.

Il controllo dei bulloni montati con i relativi metodi di installazione deve essere effettuato in funzione del metodo di serraggio utilizzato.

La scelta della giunzione su cui eseguire i controlli deve essere casuale assicurandosi che i campioni da controllare siano rappresentativi di: tipologia del collegamento, gruppo di collegamento di viti, lotto di viti, tipologia e dimensioni, attrezzature utilizzate.

La fase di pre-serraggio deve essere verificata attraverso controlli visivi della giunzione per assicurare che le stesse siano a "pacco".

Il controllo finale del serraggio prevede la verifica degli stessi assiemi per verificare l'assenza di condizioni di sotto serraggio e di sovra serraggio.

Il controllo deve essere eseguito con chiave dinamometrica, o con altro idoneo dispositivo, che garantisca una precisione di $\pm 4\%$. Tale controllo dovrà essere eseguito su almeno il 20% dei bulloni, scelti in modo da interessare tutta l'estensione del giunto in esame. Se anche un solo bullone non rispondesse alle prescrizioni di serraggio, il controllo deve essere esteso al 100% del giunto.

6.6.6.5.1 *Controllo dei bulloni serrati con il metodo della coppia*

Per il controllo del serraggio si procederà nel modo seguente:

- Marcatura di dado, vite e lamiera per identificarne la posizione relativa;
- Allentamento del dado con una rotazione almeno pari a 60° prestando attenzione che non ruoti la vite nel qual caso occorre tenere ferma la testa dalla parte opposta;
- Serraggio del dado con la coppia prescritta e controllo del ritorno alla posizione originaria.

Nel caso in cui l'angolo di rotazione tra vite e dado dovesse risultare $> -15^\circ$ il bullone risulta sovra serrato. Tutti i bulloni del giunto dovranno essere sottoposti a prova e nel caso sostituiti.

Nel caso in cui l'angolo di rotazione tra vite e dado dovesse risultare $> +15^\circ$ il bullone risulta sotto serrato. Tutti i bulloni del giunto dovranno essere riportati al corretto serraggio.

6.6.6.5.2 *Controllo dei bulloni serrati con il metodo combinato*

Per il controllo della fase di serraggio iniziale si procederà nello stesso modo descritto nel paragrafo precedente.

Nel caso in cui la rotazione tra vite e dado dovesse risultare $> -15^\circ$ il bullone risulta sovra serrato. Tutti i bulloni del giunto dovranno essere sottoposti a prova e l'angolo rilevato dovrà essere sottratto dall'angolo di rotazione prestabilito per la seconda fase di serraggio.

Nel caso in cui l'angolo di rotazione tra vite e dado dovesse risultare $> +15^\circ$ il bullone risulta sotto serrato. Tutti i bulloni del giunto dovranno essere riportati al corretto serraggio.

Prima dell'inizio della seconda fase di montaggio, bisogna verificare la presenza di tutti i contrassegni sul dado e sulle viti. Eventuali contrassegni mancanti debbono essere ripristinati.

Al termine della seconda fase di montaggio, i contrassegni devono essere verificati come segue:

- nel caso in cui l'angolo di rotazione è inferiore di più di 15° dell'angolo prestabilito, l'angolo deve essere corretto (sotto serraggio).
- nel caso in cui l'angolo di rotazione è superiore di 30° oltre l'angolo prestabilito, l'assieme deve essere smontato e sostituito con un assieme nuovo.

6.6.7 SALDATURE

6.6.7.1 Oneri dell'esecutore

Prima dell'inizio delle attività di fabbricazione, nel caso siano previste giunzioni saldate,

L'ESECUTORE deve provvedere ad emettere il "quaderno delle saldature" all'interno del quale saranno contenute tutte le informazioni relative alle attività di saldatura quali:

- le procedure di saldatura WPS (Specifica di procedura di saldatura) utilizzate da saldatori e operatori,
- le WPAR (Verbale di qualificazione di procedura di saldatura) che supportano e validano le WPS;
- il tipo di saldatura con i relativi dettagli;
- la rintracciabilità delle qualifiche di procedimento;
- le certificazioni dei saldatori.

Inoltre al documento saranno allegate tutte le procedure di lavoro correlate al processo di saldatura (il tipo e l'estensione dei controlli, il grado di accettabilità, le macchine e/o gli impianti da utilizzare, i trattamenti termici, le sequenze di montaggio etc.).

Indicazioni puntuali sui vari punti citati sono riportate nel seguito della presente sezione di Capitolato.

Per l'approvazione del quaderno delle saldature e per lo svolgimento dei controlli l'ESECUTORE incaricherà un Ente di controllo, a sua cura e spese, che dovrà possedere i seguenti requisiti:

- costituire parte sicuramente indipendente per forma;
- avere svolto incarichi per conto delle FERROVIE nell'ambito di quanto previsto dalla presente specifica;
- possedere un proprio laboratorio accreditato ACCREDIA secondo UNI EN ISO / IEC 17025: 2005, riconosciuto dal Ministero dei LL.PP.;
- avere un settore specificatamente dedicato alle attività di controllo non distruttivo delle strutture metalliche con un sistema di Gestione della qualità conforme alla UNI EN ISO 9001 ed avere in organico personale certificato di livello 3 e di livello 2 secondo UNI EN ISO 9712.
- avere in organico proprio personale con i requisiti di "Coordinatori di saldatura" secondo quanto indicato nella norma UNI EN ISO 14731:2007 certificato al livello CIWE (Certified International Welding Engineer e CIWT (Certified International Welding Technologist) con almeno 7 anni di esperienza (15 per il Responsabile) nella fabbricazione e controllo delle strutture metalliche;
- avere in organico proprio personale con la qualifica di ispettori della saldatura certificati come CIWI-C (Certified International Welding Inspector – Comprehensive Level) e CIWI-S (Certified International Welding Inspector – Standard Level) con almeno 10 anni di esperienza nella fabbricazione e controllo delle strutture metalliche;
- avere ottenuto, per l'opera soggetta a controllo, l'autorizzazione, da parte della struttura emittente il presente documento, ad eseguire i controlli richiesti dalla presente sezione di Capitolato;

Laddove necessario, le FERROVIE si riservano la facoltà di eseguire, con proprio personale qualificato, i compiti attribuiti all'Ente designato.

6.6.7.2 Tipologie di saldatura

Per l'unione mediante saldatura degli elementi strutturali possono essere previste le seguenti tipologie di giunto:

- giunto testa a testa a piena penetrazione;
- giunti a T a piena penetrazione;
- giunti a T a parziale penetrazione (con smusso pari ad almeno 1/3 dello spessore minimo impiegato e lato del cordone al piede $\geq \frac{1}{2}$ del medesimo spessore)
- giunti a T a cordoni d'angolo;
- giunti a sovrapposizione con cordoni d'angolo.

6.6.7.3 Procedimenti di saldatura applicabili

I procedimenti di saldatura applicabili negli ambiti della presente sezione di Capitolato sono:

- manuale con elettrodi rivestiti;
- automatico ad arco sommerso;
- semiautomatico ed automatico a filo continuo animato e con anima metallica con protezione di gas;
- semiautomatico a filo continuo pieno con protezione di gas (solamente per la saldatura degli elementi secondari, nel caso di cavalcaferrovia, e per i parapetti e gli elementi del tavolato nel caso di ponti ferroviari);
- manuale, semiautomatico o automatico per la saldatura dei connettori;

In generale, saranno da preferirsi procedimenti di saldatura di tipo automatico per le maggiori garanzie offerte nei riguardi della costanza della qualità.

Altri procedimenti potranno essere autorizzati in casi particolari, previa specifiche prove di qualifica, definizione dei controlli non distruttivi ed approvazione da parte delle FERROVIE.

A tal fine l'ESECUTORE deve presentare precise proposte tecniche relative alle modalità di qualifica e di controllo per il caso particolare considerato.

6.6.7.4 Specifiche di procedura di saldatura

Le specifiche di procedura di saldatura (WPS) saranno elaborate a cura dell'ESECUTORE per ogni giunto da eseguire in produzione. Le modalità di elaborazione delle procedure di saldatura saranno conformi alle indicazioni della Norma UNI EN ISO 15607 e della Norma UNI EN ISO 15609-1.

Tutte le procedure di saldatura dovranno risultare qualificate fatta eccezione per il procedimento di saldatura manuale con elettrodi rivestiti su acciai di classe di resistenza fino a 510 N/mm². L'ESECUTORE indicherà sui disegni costruttivi o su altro documento i riferimenti alle procedure di saldatura (WPS) e alle preparazioni dei lembi che intende utilizzare per la realizzazione dei giunti saldati.

6.6.7.5 Prescrizioni sui materiali d'apporto

Dovranno essere utilizzati materiali di apporto che garantiscano un deposito di caratteristiche meccaniche per quanto possibile simili a quelle del materiale base. In particolare, nel caso di impiego di materiale base tipo S355 o di carico di snervamento superiore, il valore minimo della tensione di snervamento del materiale di apporto non dovrà risultare maggiore di 100 N/mm² del corrispondente valore minimo del materiale base; nel caso di impiego di materiale base tipo S275 tale differenza non dovrà superare i 150 N/mm².

La tenacità del materiale base e del giunto saldato dovrà essere valutata mediante lo stesso tipo di prova tecnologica. Il valore della tenacità della zona fusa e della zona termicamente alterata del giunto saldato ad una temperatura stabilita dovrà risultare almeno pari a quella minima tabellare del materiale base.

In generale, la composizione chimica del deposito dovrà essere per quanto possibile simile a quella del materiale base.

Sugli acciai aventi caratteristiche di resistenza migliorata alla corrosione atmosferica dovranno essere usati materiali di apporto con caratteristiche migliorate di resistenza alla corrosione atmosferica, non inferiori a quelle del materiale base. Le FERROVIE si riservano di effettuare prelievi di materiale d'apporto per verificare la composizione chimica.

6.6.7.6 Procedimento manuale ad arco con elettrodi rivestiti

Per gli acciai di tipo S275 e S355 dovranno essere rispettivamente impiegati elettrodi basici della serie E44 ed E52 di classe di qualità 4, secondo UNI EN ISO 2560, con tenore di idrogeno non superiore ad H5.

Tali elettrodi dovranno risultare contrassegnati con il simbolo secondo UNI EN ISO 2560:2010 e UNI EN ISO 18275:2012 che assicuri un valore di resilienza Kv garantito almeno alla temperatura minima di prova del materiale base.

L'ESECUTORE è tenuto ad indicare la denominazione commerciale degli elettrodi che intende adottare sulle procedure di saldatura.

6.6.7.7 Procedimento di saldatura automatica ad arco sommerso

Il procedimento automatico ad arco sommerso potrà essere utilizzato nella versione con una testa saldante con un filo singolo o con due fili (twin arc) o con più teste saldanti, nelle versioni a testa singola o a teste contrapposte. Saranno impiegati fili e flussi classificati secondo UNI EN ISO 14174.

Le procedure di saldatura dei giunti da realizzare con il procedimento ad arco sommerso dovranno contemplare, oltre alle caratteristiche generali come per gli altri procedimenti, anche quanto necessario ad identificare l'impianto, il numero e la disposizione dei fili per saldatura e la collocazione delle teste saldanti rispetto al giunto.

6.6.7.8 Procedimento di saldatura con filo animato con protezione di gas

Di regola è richiesto l'uso di fili animati basici o ad anima metallica per la saldatura in posizioni piano e piano frontale; negli altri casi è possibile usare fili rutilici.

È richiesto l'uso di fili animati con tenore di idrogeno diffusibile su deposito minore di 5ml/100g (secondo ISO 3690). In ogni caso, potrà essere richiesta dalle FERROVIE una verifica sul materiale impiegato in officina.

Il gas di protezione dovrà essere una miscela del tipo M1 o M2 secondo ISO 14175 con punto di rugiada non inferiore a -40°C. Potrà essere ammesso l'uso di CO₂ puro se consigliato dal PRODUTTORE del materiale d'apporto.

6.6.7.9 Procedimento di saldatura dei connettori

I pioli dovranno essere saldati alle piattabande con procedimento automatico per piolatura, utilizzando esclusivamente la metodologia di saldatura con capsula disossidante all'estremità del piolo e ferula ceramica e innesco a sollevamento.

In caso di necessità di ripristino della saldatura automatica dei pioli, tale operazione dovrà essere eseguita con procedimento manuale con elettrodi a rivestimento basico, previo esito favorevole di una prova preliminare su un campione atto a simulare le difficoltà operative, costituito da tre pioli

per ogni diametro interessato dalla riparazione, su cui saranno eseguite sezioni macrografiche (su ogni piolo) per la verifica della fusione del vertice del piolo. Il saggio dovrà essere eseguito da ciascun saldatore impiegato.

Per altre tipologie di connettori potranno essere usati i procedimenti: semiautomatico a filo continuo animato o ad anima metallica con protezione di gas e manuale con elettrodo rivestito.

La superficie della piattabanda in corrispondenza della zona di saldatura dei connettori dovrà risultare pulita come qualunque altro lembo di saldatura.

È ammessa la saldatura di pioli su altri pioli, previa qualifica del processo di saldatura, limitatamente ai cavalcaferrovia.

6.6.7.10 Qualificazione delle specifiche di procedura di saldatura

Le specifiche di procedura della saldatura dovranno essere qualificate e certificate in accordo ai requisiti della Normativa UNI EN ISO 15614-1:2012.

Nel caso sia richiesta anche l'esecuzione di talloni di "pre-produzione", per giunti particolari per i quali le prove standard non sono ritenute esaustive, la qualificazione dovrà essere completata con prove condotte secondo UNI EN ISO 15613.

La certificazione delle procedure di saldatura dovrà essere rilasciata da un Ente di Certificazione dotato di accreditamento ACCREDIA secondo ISO 17065 che sostituisce la EN 45011. Le FERROVIE si riservano comunque la facoltà di eseguire ulteriori prove.

Per quanto attiene alle modalità di qualifica del procedimento di piolatura, valgono in toto le prescrizioni della norma UNI EN ISO 14555.

Per la qualificazione delle specifiche di procedura di saldatura da utilizzare per le opere in classe di esecuzione EXC2 vale quanto indicato nella norma UNI EN 1090-2. Per quelle utilizzate per le opere in classe di esecuzione EXC3 e EXC4 valgono le ulteriori prescrizioni di seguito indicate.

Apporto termico

Le saldature saranno eseguite impiegando un apporto termico specifico (HI), valutato con

la formula: $HI = k \cdot 0.06 \cdot I \cdot V / v$ (kJ/mm)

dove:

- I = corrente di saldatura (A),
- V = tensione di saldatura (V),
- v = velocità di traslazione della sorgente termica (mm/min)
- k= fattore di correzione apporto termico in funzione del processo di saldatura (ved. UNI EN 1011 parte1) pari a 1 per l'arco sommerso e a 0,8 per elettrodo rivestito e filo continuo con protezione di gas.

Di regola l'apporto termico massimo sarà 2.8 kJ/mm mentre quello minimo non dovrà risultare inferiore a 0.8 kJ/mm.

Durante la produzione non devono ottenersi apporti termici che si discostino più del 15% dal valore misurato durante l'esecuzione dei saggi per la qualifica dei procedimenti di saldatura.

Durezza

I valori di durezza per l'acciaio S275 non devono risultare superiori a 270 HV30 mentre per i rimanenti acciai non superiori a 350 HV30. Le durezze saranno misurate in zona fusa, in zona termicamente alterata e sul materiale base.

Temperature di preriscaldamento e interpass

L'applicazione del preriscaldamento su un giunto saldato prima della sua esecuzione ed il mantenimento in temperatura durante la saldatura sono alcuni dei fattori che determinano il ciclo termico di saldatura, insieme allo spessore di tutti gli elementi strutturali che costituiscono il giunto saldato (spessore combinato della sottostante figura) ed all'apporto termico specifico.

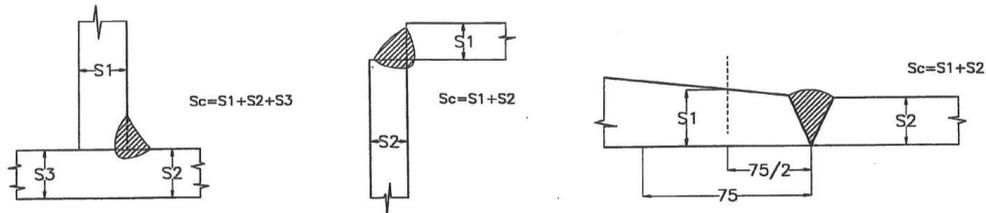


Figura 6B.9.10-1

A sua volta il ciclo termico produce strutture metallurgiche diverse nella zona fusa e nella zona termicamente alterata di un giunto in funzione della composizione chimica dei materiali base e di apporto. Un utile indice dell'influenza di tale composizione è il carbonio equivalente (CEQ) valutato con la formula indicata al par. 6.6.3.1.

Nella tabella seguente sono riportati, a titolo indicativo, i valori delle temperature minime di preriscaldamento (T_{pr}) e massime di interpass (T_i), in funzione del valore di CEQ per un determinato materiale base, del valore minimo di apporto termico (HI) previsto nella procedura di saldatura approvata per un giunto saldato e dello spessore combinato del giunto (S_c) (vedere UNI EN 1011-2). L'adeguatezza di tali indicazioni dovrà essere verificata in sede di qualificazione dei procedimenti di saldatura e su talloni di pre-produzione o di produzione, con riferimento ai valori massimi della durezza indicati dalla procedura di certificazione. Pertanto, i preriscaldati stabiliti possono essere anche variati, purché venga garantito il rispetto dei limiti di durezza. Le variazioni devono essere concordate preventivamente in fase di qualifica del procedimento.

	HI (elett./filo an.)	$S_c \leq 30$ (mm)	$30 < S_c < 50$ (mm)	$50 \leq S_c \leq 100$ (mm)
CEV < 0.37	1.2 kJ/mm	-	-	75°
CEV = 0.38 ÷ 0.42		-	50°	100°
CEV = 0.43 ÷ 0.45		-	75°	125°
CEV = 0.46 ÷ 0.49		50°	125°	175°

	HI (arco sommerso)	Sc ≤ 30 (mm)	30 < Sc < 50 (mm)	50 ≤ Sc ≤ 100 (mm)
CEV < 0.37	2 kJ/mm	-	-	-
CEV = 0.38 ÷ 0.42		-	-	75°
CEV = 0.43 ÷ 0.45		-	-	100°
CEV = 0.46 ÷ 0.49		-	50°	150°

Tabella 6.6.7.10.1

È da notare però che i preriscaldi indicati sulla specifica di saldatura devono essere maggiorati di 25°C per la puntatura dei pezzi e l'operazione di scricatura.

In ogni caso dovrà essere garantita l'asciugatura dei lembi con un preriscaldamento a 50°C.

Il preriscaldamento deve essere eseguito in modo tale che la temperatura richiesta interessi circa 75 mm di materiale base per ciascun lato del giunto.

Il controllo della temperatura di preriscaldamento e di interpass potrà essere eseguito mediante l'impiego di termocolori o di altri dispositivi atti allo scopo.

6.6.7.11 Qualificazione degli addetti alle procedure di saldatura

6.6.7.11.1 Addetti al coordinamento

Gli addetti al coordinamento delle attività di saldatura dovranno avere conoscenze specifiche con riferimento alla Norma UNI EN ISO 14731:2007, con esperienza evidente nel campo della costruzione delle strutture metalliche. L'ESECUTORE dovrà individuare il "Coordinatore di saldatura" che costituirà l'interlocutore tecnico responsabile nei confronti delle FERROVIE per tutte le attività riguardanti la saldatura.

6.6.7.11.2 Saldatori e Operatori di saldatura

I saldatori impegnati nelle applicazioni di saldatura manuale e semiautomatica, dovranno essere qualificati in accordo alla Norma UNI EN ISO 9606-1: 2013 per i procedimenti utilizzati e per le varie posizioni di lavoro. I saldatori che dovranno operare nell'ambito del presente documento dovranno eseguire, in ogni caso, come saggio di prova, anche un giunto a T con cordone d'angolo da valutare secondo i criteri previsti dalla sopra citata norma.

Gli addetti agli impianti di saldatura automatici e a quelli robotizzati e di piolatura dovranno essere certificati secondo UNI EN ISO 14732:2013.

L'abilitazione dei saldatori dovrà risultare dall'esibizione di apposito certificato di qualifica effettuata da un Ente accreditato ACCREDIA secondo UNI EN 17024.

Il Coordinatore di saldatura dell'ESECUTORE dovrà riportare in apposito registro il nominativo dei saldatori abilitati e degli operatori, aggiornandolo sulla base delle eventuali variazioni delle qualifiche (estensione di classe, mantenimento della validità ed eventuale prolungamento). Sul registro dovranno inoltre essere riportati i periodi di inattività di ciascun saldatore e/o operatore relativamente ad un determinato procedimento.

Sia il registro che i certificati di qualifica dovranno essere reperibili presso l'ESECUTORE ed esibiti agli incaricati delle FERROVIE dietro loro richiesta.

Le FERROVIE hanno, inoltre, la facoltà di richiedere eventuali riprove di qualifica ogni qualvolta l'esame delle saldature mostri sistematica difettosità attribuibile ad insufficiente capacità operativa.

Ciascun saldatore e/o operatore dovrà essere individuato da una lettera o un numero, che sarà riportato su di un punzone, mediante il quale il saldatore stesso marcherà le saldature eseguite.

6.6.7.12 Prescrizioni costruttive

6.6.7.12.1 Generalità

Se la temperatura ambiente risulta inferiore a - 5°C, dovranno essere prese particolari precauzioni per garantire le temperature minime del materiale base da saldare precedentemente indicate.

L'officina dell'ESECUTORE deve essere dotata di magazzino per deposito dei materiali di saldatura (elettrodi, fili, flussi) perfettamente chiuso e con umidità relativa costante non superiore al 50%.

I flussi e gli elettrodi, una volta aperti gli imballi originali, dovranno essere essiccati alla temperatura di 350° - 400° C per due ore e conservati in forno alla temperatura di 150° fino al momento dell'uso. L'essiccamento deve avvenire sia per gli elettrodi che per i flussi in strati non superiori a 4 cm (a meno che per i flussi non siano usati i "forni a caduta").

I saldatori dovranno essere dotati di fornelli portatili funzionanti alla temperatura di circa 100° nei quali verranno mantenuti gli elettrodi, prelevati dal forno di mantenimento, per un tempo massimo corrispondente alla durata del turno di lavoro. Alla fine del turno, gli elettrodi non utilizzati dovranno essere ritirati e stoccati in un apposito contenitore. Potranno essere impiegati dopo ulteriore essiccamento con le stesse modalità; tale trattamento, in generale, non potrà essere effettuato per più di due volte, salvo diversa indicazione del fabbricante.

Il flusso non fuso potrà essere recuperato e riutilizzato miscelato con flusso nuovo (miscela con 30% di flusso già utilizzato e 70% di flusso nuovo). Alla fine del turno di lavoro, il flusso non utilizzato dovrà essere ritirato dalle macchine e stoccato in un apposito contenitore. Potrà essere ulteriormente impiegato dopo essiccamento con le modalità di cui sopra.

L'efficienza delle procedure di essiccazione e conservazione degli elettrodi e dei flussi per arco sommerso potrà essere controllata, su richiesta delle FERROVIE, attraverso verifiche del contenuto di idrogeno diffusibile condotte su deposito, con le modalità di prova previste dalla norma AWS A4.3, tecnica a colonna di mercurio (valore richiesto < 5 ml/100g).

Nel caso di elettrodi in confezioni "vacuum pack" queste dovranno essere aperte al momento dell'uso e depositati nei fornelli; a fine turno di lavoro gli elettrodi rimasti dovranno essere conservati in forno a 150°C.

6.6.7.12.2 Controlli preventivi

Prima di iniziare la saldatura, i lembi delle parti da collegare e le zone adiacenti per una larghezza di 100 mm saranno controllati con esame visivo e strumentale per accertare l'assenza di eventuali cricche o sfogliature e le corrette condizioni di preparazione. Sui lembi e sulle zone adiacenti suddette non sono di regola ammesse riparazioni mediante saldatura. Sono ammesse molature ben raccordate fino a profondità di 3mm.

Le superfici dei lembi da saldare degli elementi principali saranno esaminate preventivamente con magnetoscopia o con liquidi penetranti.

Nel caso di giunti a croce a piena penetrazione, si dovrà effettuare sulla zona di lamiera intermedia interessata dai giunti (almeno 100 mm per parte del giunto) uno specifico controllo ultrasonoro per verificare l'assenza di sfogliature o di eccessive segregazioni (UNI EN 10160:2001). Detto controllo ultrasonoro può essere omesso per lamiere di acciaio con strizione garantita nel senso dello

spessore (Z35).

6.6.7.12.3 Assiemaggio dei pezzi

Particolare cura dovrà essere posta nella fase di assiemaggio dei pezzi, prevedendo modalità di puntatura che salvaguardino dal pericolo di strappi sui materiali base o difetti in saldatura. In particolare, ove possibile, verranno utilizzati cavallotti di assiemaggio; la rimozione dei cavallotti avverrà di regola molando i relativi cordoni di saldatura; è ammessa la rimozione con taglio di fiamma purché venga lasciato un sovrametallo di almeno 3mm da rimuovere con successiva molatura. In ogni caso la superficie dovrà essere esaminata visivamente e con magnetoscopia per verificare l'assenza di strappi o cricche sulla superficie.

I giunti potranno essere assiemati per mezzo di tratti di saldatura (punti), di regola, di lunghezza non inferiore a 50 mm e da asportare nel corso della esecuzione del giunto saldato.

In un giunto saldato testa a testa da solcare a rovescio, i punti verranno depositati a rovescio, dal lato della ripresa.

Eventuali punti da inglobare nel giunto saldato dovranno essere depositati da saldatori certificati, molati alle estremità ed esaminati prima dell'esecuzione della saldatura; i punti difettosi dovranno tassativamente essere eliminati. I punti depositati da saldatori non certificati dovranno essere comunque rimossi.

Nel caso di saldatura su piatto ceramico il piatto dovrà essere montato immediatamente prima di saldare e non si dovranno effettuare puntature in cianfrino.

6.6.7.12.4 Preparazione dei lembi

La preparazione dei lembi da saldare dovrà essere definita a cura e responsabilità dell'ESECUTORE, con parere favorevole dell'Ente di controllo incaricato, e comparire sui disegni e/o sulla tavola delle preparazioni visionata dal Progettista, approvata dalle FERROVIE e resa disponibile in officina. In linea di massima la preparazione dei lembi sarà conforme alla UNI EN 9692.

Le attrezzature previste per la preparazione dei lembi dovranno comparire sulle procedure di saldatura; è raccomandato l'impiego di procedimenti di taglio termico (ossitaglio o plasma) automatici oppure di macchine utensili tipo pialle e frese indispensabili per la realizzazione di smussi a U, J, ecc. È ammesso l'impiego dell'ossitaglio manuale e automatico o di altre metodologie, purché la superficie venga successivamente rifinita mediante accurata molatura, che dovrà conseguire la completa rimozione delle strie da taglio e di tutte le altre irregolarità.

6.6.7.12.5 Processo di saldatura

L'accensione degli elettrodi o dei fili dovrà essere fatta su apposito tallone di lamiera ausiliaria appoggiato o puntato ad entrambe le estremità oppure in cianfrino.

L'uso dei talloni di estremità è comunque obbligatorio per l'esecuzione dei giunti testa a testa e per i giunti eseguiti con procedimenti automatici.

È compito del saldatore e dell'operatore di saldatura esaminare la superficie di ogni passata per assicurarsi dell'eliminazione della scoria, dei difetti di profilo e delle irregolarità superficiali; se l'esito dell'esame non è soddisfacente si dovrà fare ricorso ad una preliminare operazione di molatura prima di deporre la passata successiva.

In tutte le saldature testa - testa e d'angolo a piena penetrazione si dovrà effettuare in linea di principio la solcatura al rovescio e successiva ripresa. In subordine, potranno essere usati il piatto di sostegno o la saldatura senza solcatura e senza sostegno a cura di saldatori in possesso dell'idonea qualifica. In quest'ultimo caso è necessaria comunque l'autorizzazione delle FERROVIE e dell'Ente di controllo designato.

La saldatura non dovrà essere interrotta fino a quando non si sia riempito almeno metà spessore. Limitatamente alle strutture sollecitate a fatica, l'utilizzo del piatto di sostegno metallico dovrà essere preventivamente autorizzato da FERROVIE, solo quando non si potrà procedere diversamente.

6.6.7.12.6 Raddrizzatura

Le strutture deformate a seguito della saldatura devono essere raddrizzate mediante l'applicazione di riscaldamenti localizzati o a caldo con mezzi meccanici ovvero con entrambi i sistemi. L'ESECUTORE è tenuto a predisporre una procedura di raddrizzatura nella quale vengano definiti almeno:

- il campo di temperatura da ottenere;
- il metodo di applicazione dei riscaldamenti localizzati;
- il metodo e le attrezzature per il controllo della temperatura;
- i metodi di raddrizzatura meccanica;
- il personale impiegato nelle operazioni di raddrizzatura;
- il tipo, la classe di resistenza e lo stato di fornitura (normalizzato, termomeccanico, ecc.) dell'acciaio al quale la procedura si riferisce;
- le prove sperimentali di qualificazione della procedura di raddrizzatura convalidate da un Ente Ufficiale e visionate dalle FERROVIE.

I giunti saldati degli elementi sottoposti a raddrizzatura e di quelli adiacenti, saranno esaminati dopo la raddrizzatura con controlli non distruttivi adeguati, per estensione e tipologia, al tipo di giunto.

La temperatura dell'area riscaldata (in generale intorno a 600°C) va definita in funzione dello stato di fornitura del materiale base.

Le parti riscaldate per la raddrizzatura devono essere sostanzialmente libere da sollecitazioni e da forze esterne, eccetto quelle risultanti dai mezzi meccanici usati in concomitanza con l'applicazione dei riscaldi.

6.6.7.12.7 Saldatura dei pioli

Per la saldatura automatica dei pioli ogni volta che si inizi una fase di saldatura su una membratura, da parte di ogni saldatore, dovranno essere esaminati i primi due pioli saldati; se trovati soddisfacenti all'esame visivo, verranno piegati a colpi di mazza a 45°. Dopo piegamento verranno raddrizzati e non dovranno mostrare alcuna incrinatura o mancanza di fusione.

Se questa prova da' esito negativo, l'ESECUTORE è tenuto a rimettere a punto la tecnica di saldatura su piastre ausiliarie e a ripetere le prove sui primi due pioli saldati di nuovo sulla medesima membratura.

La saldatura dei pioli sia in officina che in cantiere dovrà essere eseguita esclusivamente da personale certificato secondo UNI EN 14732:2013.

6.6.7.13 Prescrizioni concernenti i particolari strutturali

Nei cordoni d'angolo dovrà essere ottenuta la completa fusione del vertice e la forma del cordone o della prima passata, nei giunti a passate multiple, dovrà rispettare la relazione:

$$0.5 L_p \leq g+p \leq 1.1 L_p$$

tra la larghezza (L_p) e la profondità ($g+p$) dove p è la profondità di penetrazione e L_p è il lato obliquo del cordone di saldatura.

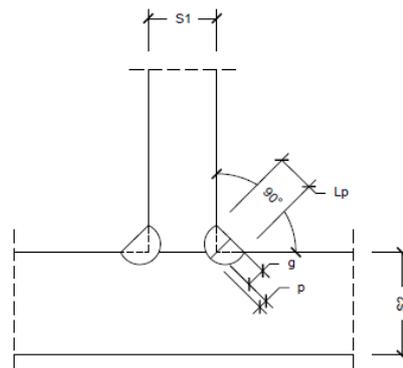


Figura 6.6.7.13.1

Per i giunti a T a piena penetrazione deve essere previsto un graduale allargamento della saldatura la cui larghezza L deve essere almeno pari ad 1.3 volte lo spessore S1 (spessore minimo impiegato) in corrispondenza della lamiera su cui viene ad innestarsi.

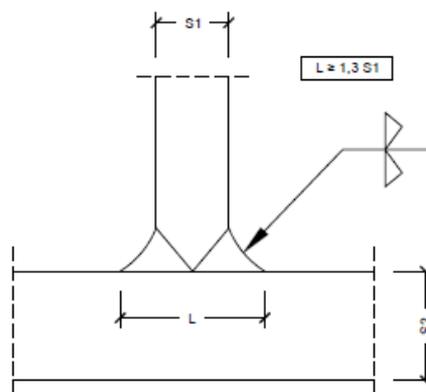


Figura 6.6.7.13.2

Per i giunti a T a parziale penetrazione l'angolo di apertura del cianfrino non dovrà essere inferiore a 50° e l'altezza della sezione resistente sarà assunta pari alla profondità del cianfrino g_{pp} .

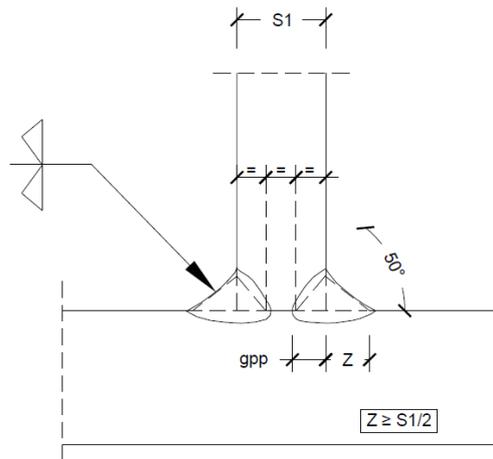


Figura 6.6.7.13.3

Nella realizzazione di giunti a T od a sovrapposizione mediante saldatura d'angolo, deve ottenersi una buona aderenza tra le superfici previste a contatto. Potrà essere tollerata in questi giunti la distanza massima «d» (fig. 6.6.7.13.4), nei limiti indicati dalla UNI EN ISO 5817 (nel rispetto del relativo livello di qualità). Per la saldatura ad arco sommerso il distacco massimo dovrà essere contenuto in 1 mm.

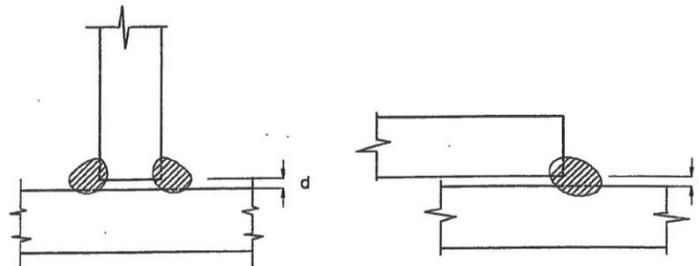


Figura 6.6.7.13.4

Qualora si verificano distacchi superiori a quelli sopra indicati, potrà essere prevista l'imbruttatura delle superfici per ripristinare la distanza corretta oppure potrà essere proposta alle FERROVIE una diversa preparazione dei lembi. Si dovrà tenere conto dell'eventuale necessità di incrementare le dimensioni dei cordoni d'angolo.

Il tratto terminale dei giunti tra anima e piattabanda di travi a T ed a doppio T, non dovrà di regola essere saldato prima della realizzazione dei giunti testa a testa fra le travi, se presenti.

Per consentire la corretta realizzazione dei giunti testa a testa dei profili, nel caso che i giunti anima piattabanda risultassero completi, è necessario eliminare un tratto di saldatura anima - piattabanda di circa 150 mm da entrambi i lati del giunto (scucitura). Vedi fig.6.6.7.13.5.

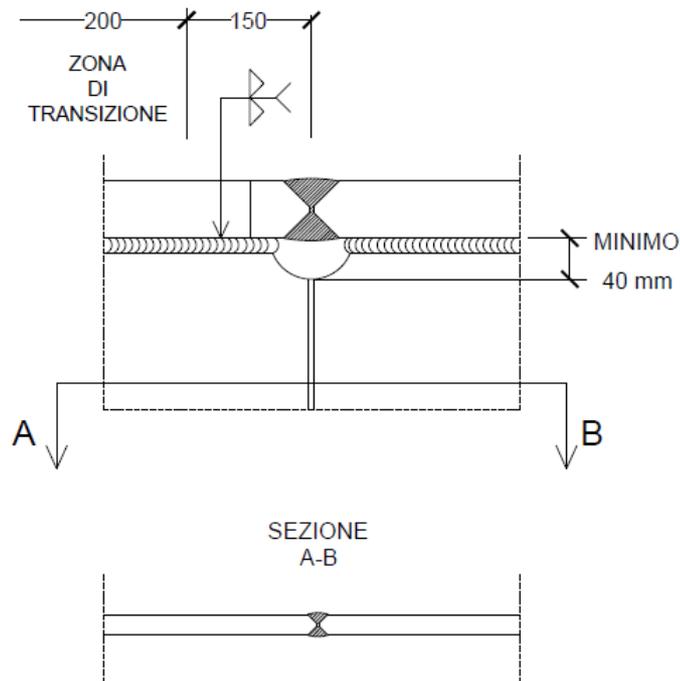


Figura 6.6.7.13.4

Per la realizzazione dei giunti testa a testa si procederà di regola con la sequenza di operazioni nel seguito descritta:

- preparazione dei lembi da saldare e dello scarico alle estremità dell'anima;
- assiemaggio e puntatura degli elementi strutturali (luce del giunto d'anima maggiore della luce del giunto di piattabanda di 2-3 mm);
- saldatura delle piattabande preferibilmente in contemporanea o eseguendo riempimenti parziali alternativamente sulle due piattabande;
- saldatura dell'anima;
- saldatura tra anima e piattabanda nei tratti scuciti.

Elementi uniti in modo errato devono di regola essere tagliati e risaldati.

Quando si debbano unire di testa fra loro elementi di trave a doppio T o a T il giunto della piattabanda e dell'anima giaceranno di regola sulla medesima sezione.

Per la realizzazione delle saldature di testa delle piattabande è necessario predisporre sull'anima una lunetta allo scopo di garantire ovunque l'accesso al giunto saldato durante le fasi di esecuzione e di controllo.

A tal fine potrà essere prevista sull'anima una normale lunetta semicircolare con estremità ad arco di cerchio (raggio minimo pari a 40mm e almeno pari allo spessore dell'anima più 15 mm) ben lavorata e raccordata con fresa portatile. In presenza di severe sollecitazioni di fatica o comunque in corrispondenza di applicazione di carico diretto sulla piattabanda, verrà adottata una lunetta di forma allungata e cianfrinata in modo da poter essere richiusa con saldatura a piena penetrazione dopo l'esecuzione dei giunti di anima e di piattabanda e dei relativi controlli non distruttivi (vedi fi. 6.6.7.13.6).

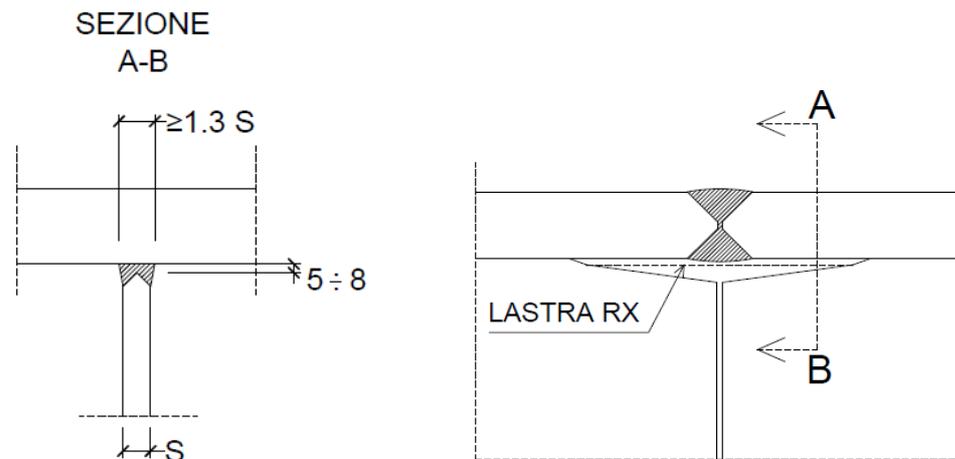


Figura 6.6.7.13.6

In ogni caso, in presenza di anime e/o piattabande saldate testa - testa, prima della composizione della trave, è necessario, dopo l'esecuzione dei prescritti controlli non distruttivi, spianare la zona di saldatura della piattabanda o dell'anima interessate, prima di assemblare gli elementi della trave per l'esecuzione delle saldature d'angolo per consentire la corretta aderenza

Nel caso di incrocio di tre o più elementi strutturali (ad esempio in una trave composta saldata all'incrocio tra anima, piattabanda e nervature di irrigidimento), dovranno essere previsti scarichi di grandezza adeguata (raggio minimo pari allo spessore della lamiera più 15mm) per consentire la corretta esecuzione ed il controllo dei giunti. (Vedi fig6.6.7.13.7 e 8)

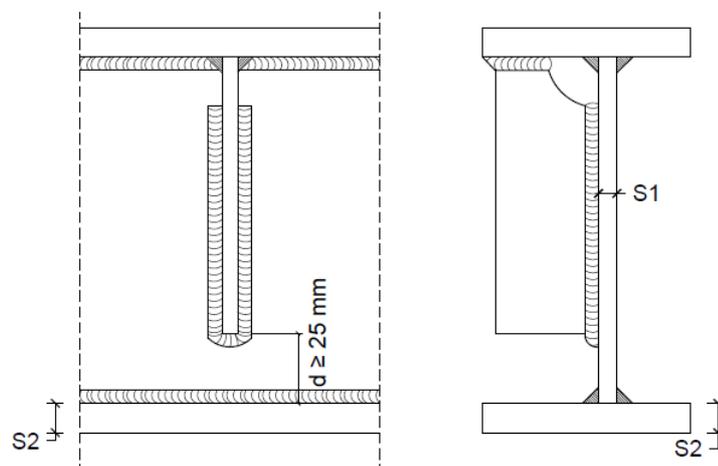


Figura 6.6.7.13.7

Gli scarichi dovranno essere ad arco di cerchio o, comunque, di forma ben avviata e privi di qualsiasi intaglio o irregolarità. Dopo eventuali lavorazioni di fresa, la rugosità dovrà risultare $ra \leq 0.2 \mu m$.

I cordoni di saldatura che raggiungono il lembo dello scarico saranno fatti girare intorno avendo cura di evitare che la saldatura incida il lembo dello scarico. Inoltre i cordoni si faranno egualmente girare intorno ai lembi liberi di fazzoletti o squadrette saldate.

Il cordone di saldatura che collega l'irrigidente all'anima della trave dovrà, in corrispondenza del lembo aderente a tale anima, essere accuratamente molato in modo da eliminare ogni traccia di incisione locale per un'altezza non inferiore al 20% dell'altezza della trave, con un massimo di 100 mm, a partire da entrambe le estremità.

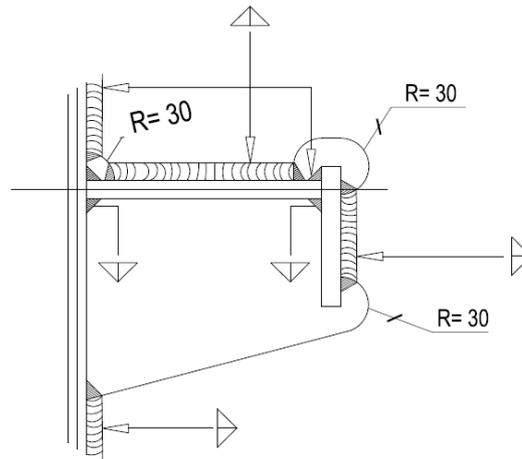


Figura 6.6.7.13.8

Qualora il Progettista non ritenga applicabile l'uso degli "scarichi" sopra indicati per problemi di fatica, si dovranno realizzare scarichi che seguano il profilo del cordone sottostante, con un distacco massimo di 1mm. In questo caso la saldatura delle nervature non verrà interrotta e seguirà il profilo dello scarico.

Nella saldatura testa - testa di due elementi principali di diverso spessore, lo spessore maggiore dovrà essere gradualmente rastremato sino a raggiungere lo spessore minore. Il tratto rastremato dovrà risultare, in generale, non inferiore a 5 volte la differenza di spessore degli elementi collegati, a partire dall'asse del giunto.

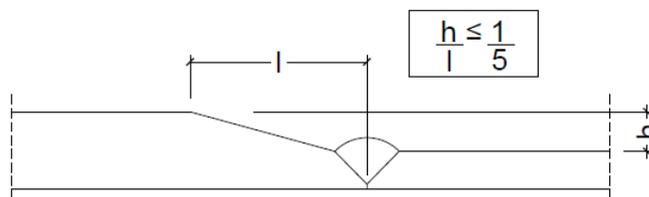


Figura 6.6.7.13-9

Nel caso di sovrapposizione di piattabande, in corrispondenza della sezione terminale della piattabanda sovrapposta, si dovrà garantire un adeguato raccordo tra la doppiatura e la piattabanda, prevedendo comunque di eseguire un cordone d'angolo di chiusura che abbia altezza di gola pari almeno alla metà dello spessore della piattabanda stessa e raccordato ai cordoni laterali (vedi fig.6.6.7.13.10). Tale cordone dovrà essere regolarizzato mediante asportazione con mola del materiale eccedente; è raccomandata la soluzione seguente:

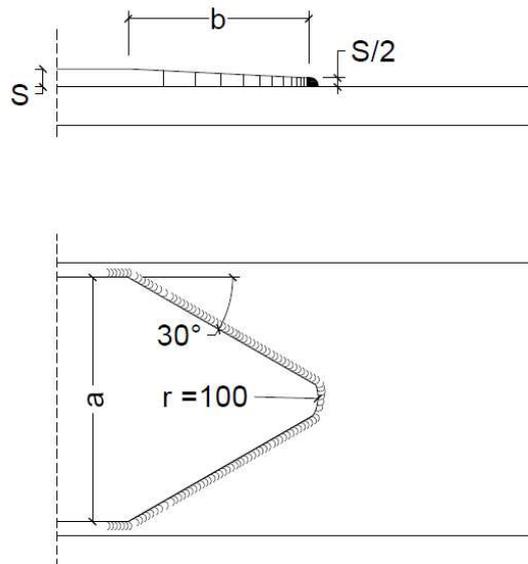


Figura 6.6.7.13-10

6.6.7.14 Modalità esecutive dei controlli non distruttivi

6.6.7.14.1 Prescrizioni generali

I giunti saldati verranno controllati visivamente e con attrezzature adeguate al tipo di giunto, alla tipologia dei difetti da rilevare ed al luogo di lavoro, secondo quanto riportato nel seguito.

Di regola, i controlli strumentali saranno quello magnetoscopico, radiografico e ultrasonoro sul giunto completato ed il controllo con liquidi penetranti solo sulle superfici di solcatura al rovescio dei giunti a piena penetrazione. I controlli strumentali finali saranno di regola successivi a quello visivosoddisfacente.

I metodi di controllo da impiegare saranno scelti in base alle tipologie di unione e agli spessori dei materiali sulla base delle indicazioni fornite dalla norma UNI EN ISO 17635:2010.

Il personale addetto all'esame non distruttivo dei giunti saldati e del materiale base deve essere certificato almeno di livello 2 in accordo alla norma UNI EN ISO 9712:2012 da un Organismo di Certificazione accreditato ACCREDIA in accordo all'UNI EN ISO 17024.

Per l'esecuzione dell'esame visivo si raccomanda l'impiego di personale certificato come EWI (European Welding Inspector) / IWI (International Welding Inspector).

6.6.7.14.2 Modalità di esecuzione dei controlli

Esame visivo

Il controllo verrà eseguito in conformità alla norma UNI EN ISO 17637.

Controllo magnetoscopico

Il controllo verrà eseguito in conformità alla norma UNI EN ISO 17638.

Controllo con liquidi penetranti

Il controllo verrà eseguito in conformità alla norma UNI EN ISO 3452-1.

Controllo radiografico

Prima dell'esecuzione del controllo verrà compilato, a cura dell'ESECUTORE, uno schizzo da allegare al verbale di controllo radiografico in cui risultino gli sviluppi dei giunti saldati e le sigle dei saldatori o degli operatori che li hanno eseguiti; su di esso saranno indicate, dall'incaricato delle FERROVIE o dell'Ente designato, le posizioni da radiografare distinte con lettere e/o numeri, quando tali posizioni non si evincano dai documenti di progetto. Tali elementi dovranno comparire sulle corrispondenti pellicole e serviranno per la loro identificazione.

Gli incaricati delle FERROVIE si riservano la facoltà di accertare mediante controllo diretto l'effettiva corrispondenza della ubicazione della pellicola sul giunto radiografato. A tal fine è vietata la rasatura del sovrametallo dei giunti testa a testa a filo lamiera se non dopo l'accettazione dei giunti da parte delle FERROVIE o dell'Ente di controllo designato.

Su ogni pellicola dovrà essere posto un indicatore di qualità d'immagine (penetramento); la radiografia dovrà avere sensibilità tale da rilevare l'elemento del penetramento corrispondente al 2% della somma degli spessori attraversati dai raggi (potere risolutivo).

Il controllo radiografico deve essere eseguito secondo le regole delle norme UNI EN ISO 17636-1:2013 applicando la classe B per le opere in classe di esecuzione EXC3 e EXC4 e la classe A per i restanti casi. Il controllo gammagrafico, in luogo di quello radiografico, può essere consentito a seguito di motivata richiesta alle FERROVIE.

Controllo ultrasonoro

Il controllo verrà eseguito in conformità alla norma UNI EN ISO 17640 livello almeno B. Per la caratterizzazione delle indicazioni sarà applicata la norma UNI EN ISO 23279.

Per il controllo di giunti particolari le FERROVIE o l'Ente di controllo designato, potrà richiedere una specifica dedicata con validazione mediante appositi blocchi con difetti artificiali opportunamente posizionati.

Controllo della piolatura

Per quanto attiene alle modalità di controllo delle saldature dei pioli, valgono le seguenti prescrizioni:

Tutti i pioli saldati saranno sottoposti a esame visivo. Questo esame deve accertare la presenza continua e la regolarità del collarino di base. Tutti i pioli trovati con collarino incompleto saranno sottoposti a prove di piegamento a colpi di mazza per un angolo pari a 30°; questa stessa prova di piegamento verrà estesa almeno al 5% dei pioli che hanno superato l'esame visivo.

Per ogni piolo rotto nel corso di quest'ultimo esame ne verranno piegati altri due. Se il numero dei pioli rotti raggiunge, al termine dell'esame, il 5% dei pioli appartenenti alla membratura, tutti i pioli della stessa verranno piegati con piegamento alla mazza.

I pioli difettosi devono essere rimossi. La parete di acciaio cui erano uniti potrebbe essere interessata da strappi provocati dalla rimozione dei pioli. Le zone danneggiate devono essere riparate mediante molatura eseguendo scavi ben raccordati al materiale base circostante, fino alla scomparsa di ogni traccia di difetto. Nelle parti da riparare la necessità di ripristinare o meno lo spessore primitivo mediante riporto di saldatura sarà giudicata dal Progettista. Nel caso di ripristino

mediante saldatura l'intervento dovrà essere eseguito con procedimento manuale con elettrodi a rivestimento basico di diametro 3,25 mm da un saldatore certificato. Tali saldature dovranno essere eseguite con tutte le modalità previste per gli elementi strutturali (pulizia dei lembi, preriscaldamento, controlli).

6.6.7.14.3 Estensione dei controlli

Prima di procedere all'esecuzione dei controlli da parte delle FERROVIE e/o dell'Ente di controllo designato, l'ESECUTORE dovrà presentare ai soggetti sopra indicati la documentazione dei controlli direttamente eseguiti, compresa la verifica del corretto assemblaggio. L'estensione dei controlli non distruttivi dei giunti saldati è quella di seguito specificata.

Esame visivo

Di regola tutte le saldature dovranno essere esaminate visivamente al 100%, sia dall'ESECUTORE che dall'Ente terzo incaricato dei controlli.

Giunti con cordoni d'angolo o a parziale penetrazione

Il controllo magnetoscopico sarà effettuato a cura dell'ESECUTORE sul 100% dei giunti del ponte, esibendo i relativi verbali. La percentuale di estensione si riferisce a ogni saldatura; in caso di giunti di lunghezza inferiore a 0,5 metri è ammesso il controllo al 100% del 50% dei giunti.

In sede di collaudo da parte delle FERROVIE o di altro Ente incaricato, tale controllo sarà limitato al 30% della lunghezza di ogni cordone di ciascun giunto sia a cordoni d'angolo che a parziale penetrazione; tale estensione sarà suscettibile di aumento in relazione al tipo di procedimento di saldatura ed ai risultati del controllo stesso.

Giunti a piena penetrazione

Il controllo magnetoscopico sarà effettuato a cura dell'ESECUTORE sul 100% dei giunti a piena penetrazione testa a testa o a T. Inoltre, verrà effettuato dall'ESECUTORE l'esame radiografico e/o ultrasonoro su almeno il 50% della lunghezza di ogni giunto.

Estensioni diverse dovranno comunque essere approvate dalle FERROVIE.

Per giunti di fondamentale importanza per la statica della struttura o particolarmente sollecitati, ovvero in particolari casi in relazione alla natura ed all'entità delle sollecitazioni gli esami dovranno essere estesi al 100%.

In sede di collaudo le FERROVIE o l'Ente incaricato eseguiranno il controllo magnetoscopico al 30% della lunghezza delle saldature ed il controllo ultrasonoro al 100% nonché la lettura delle lastre radiografiche.

Verifiche sui talloni di produzione

In tutte le travi saldate in officina dovranno essere previste opportune espansioni (talloni d'estremità) dello stesso materiale costituente le travi stesse. Le FERROVIE si riservano di richiedere, ove possibile, l'applicazione dei talloni anche sui giunti eseguiti in cantiere.

Sui talloni di produzione si dovrà misurare la durezza in zona fusa, in zona termicamente alterata e nel metallo base su almeno il 5% dei giunti delle travi saldate, nonché valutare la corretta penetrazione della saldatura, la forma del cordone e l'assenza di difetti inaccettabili, in relazione a quanto indicato nella tabella 6.6.7.9.15.1.

Le modalità e le estensioni dei controlli macrografici sui talloni d'estremità saranno definite dall'ESECUTORE mediante un'appropriata procedura da sottoporre ad approvazione da parte delle FERROVIE, previo parere favorevole dell'Ente designato. Di norma tale controllo sarà previsto su un campione almeno pari al 10% dei giunti realizzati in officina.

La procedura dovrà di norma prevedere l'esecuzione di macrografie su adeguati talloni anche nei casi seguenti:

- applicazione da parte dell'ESECUTORE di procedure di saldatura per le quali non abbia una consolidata esperienza applicativa;
- durante le fasi iniziali di applicazione di procedimenti automatici o robotizzati.

Le prove di durezza saranno eseguite in almeno tre punti di una stessa zona (materiale base, zona fusa, zona termicamente alterata) e dovranno accertare che in nessun punto la durezza Vickers (HV30) ecceda i limiti indicati nella procedura di certificazione.

Il taglio del tallone va effettuato previa punzonatura a cura del personale delle FERROVIE o dell'Ente di controllo incaricato.

Nei casi in cui le travi prevedano un tratto non saldato alle estremità della giunzione anima-piattabanda, al fine di favorire la corretta esecuzione delle saldature testa a testa in cantiere, si dovrà ricorrere alla saldatura di talloni di preproduzione con i seguenti criteri.

- Per ciascuna tipologia di trave saldata saranno realizzati dei talloni di saldatura in accordo alle specifiche di procedimento previste per la produzione e qualificate in accordo alla presente sezione di capitolato, utilizzando materiali di commessa;
- Le differenti tipologie di travi saranno individuate per qualità del materiale base, spessori delle lamiere, tipo e dimensioni dei giunti, processo ed impianto di saldatura utilizzato.

I saggi, della lunghezza minima di 500 mm, saranno sottoposti al controllo macrografico su tre sezioni (ad inizio, centro e fine del tallone) per la verifica della geometria e delle dimensioni del giunto, in accordo alla norma UNI EN ISO 5817 livello di qualità funzione della classe di esecuzione, ed il controllo delle durezza secondo le indicazioni della norma UNI EN ISO 15614-1.

I talloni saranno realizzati prima dell'inizio della produzione. Eventuali esecuzioni di ulteriori talloni durante la fabbricazione e/o il montaggio in opera potranno essere richiesti dalle FERROVIE.

6.6.7.14.4 Intensificazione dei controlli per esito negativo

Qualora vengano rilevate delle anomalie con i controlli strumentali eseguiti a campione, i controlli verranno intensificati. Di regola verrà esaminato un tratto di saldatura a cavallo della zona difettosa non inferiore a 1000 mm, oppure, nel caso di giunti corti, due giunti adiacenti a quello difettoso eseguiti dallo stesso saldatore o operatore. In caso di ulteriori difetti il controllo verrà esteso al 100% della saldatura (o delle saldature simili per giunto corti). Nel caso di difetti planari l'estensione al 100% sarà immediata.

Per l'estensione verrà utilizzato almeno il medesimo metodo che ha rilevato il difetto.

Nel caso in cui il numero delle riparazioni sia elevato oppure vengano riscontrati difetti inaccettabili con carattere di sistematicità, gli elementi strutturali od i giunti in questione saranno scartati.

Quando la presenza di difetti sistematici non sia attribuibile a cattiva modalità esecutiva oppure ad imperizia del saldatore o dell'operatore della macchina, l'ESECUTORE dovrà ripetere il procedimento di qualifica.

In ogni caso l'ESECUTORE provvederà al rifacimento dei giunti scartati; i nuovi giunti dovranno essere ricontrollati con il medesimo metodo che ha rilevato il difetto, con estensione percentuale doppia rispetto a quella inizialmente prescritta.

6.6.7.15 Qualità delle saldature

Tutte le saldature devono essere regolari, ben raccordate al materiale base e senza eccesso di sovrametallo. I criteri di accettabilità dei difetti sono precisati nella tabella di seguito riportata.

Classi di esecuzione	Livelli di qualità ai sensi della UNI EN ISO 5817
EXC2	C
EXC3	B
EXC4	B+

Tabella 6.6.7.9.15-1

Per livello di qualità B+ si intende il livello di qualità B con gli ulteriori requisiti di cui al prospetto 17 della UNI EN 1090.

La qualità delle saldature esaminate visivamente, con liquidi penetranti e con controllo magnetoscopico deve essere rispondente in generale ai criteri di accettabilità stabiliti nella precedente tabella.

Le FERROVIE si riservano la facoltà di stabilire criteri e valori diversi da quelli riportati nella suddetta norma qualora lo ritenessero opportuno in fase di approvazione del progetto delle saldature.

I criteri di accettabilità dei difetti rilevati con l'esame radiografico sono quelli stabiliti dalla norma UNI EN 12517 livello 1.

I criteri di accettabilità dei difetti da applicare alle indicazioni rilevate al controllo ultrasonoro dovranno rispettare le prescrizioni della norma UNI EN 1712 livello 2 con la precisazione che non sono ammessi difetti planari (valutati in accordo alla UNI EN 1713).

6.6.7.16 Modalità di riparazione

6.6.7.16.1 Riparazione senza nuove saldature

Difetti superficiali e di profilo potranno essere eliminati anche senza eseguire altre saldature purché la profondità dei difetti non superi il 10% dello spessore interessato e comunque con un massimo di 2mm.

L'eliminazione del difetto verrà ottenuta mediante molatura; ciò dovrà essere verificato con accurato esame visivo e, in caso dubbio, con esame magnetoscopico e/o liquidi penetranti; la superficie dello scavo dovrà risultare ben raccordata col materiale contiguo.

6.6.7.16.2 Riparazione con saldatura

L'ESECUTORE dovrà redigere una o più procedure di riparazione dei giunti saldati a mezzo saldatura, e sottoporle ad approvazione come le procedure di esecuzione delle saldature.

Tali procedure dovranno contenere almeno le modalità e i mezzi da adottare per gli scavi, la temperatura di preriscaldamento e tutto quanto attiene al procedimento di saldatura previsto che dovrà essere qualificato.

Nel caso in cui una riparazione debba essere ripetuta più di due volte l'ESECUTORE dovrà provvedere a redigere una non conformità e informare l'Ente di controllo incaricato. Il caso verrà esaminato al fine di capire i motivi dell'insuccesso (errata valutazione della posizione del difetto, scarsa abilità dei saldatori impiegati, parametri del procedimento di saldatura impiegato scorretti, problemi di

accessibilità al giunto...) e di valutare la necessità di prove e/o indagini particolari sul giunto in questione.

6.6.7.16.3 Esecuzione degli scavi

Gli scavi saranno eseguiti con mola oppure con elettrodo di carbone e soffio d'aria compressa (arc-air,) seguita da molatura di regolarizzazione e asportazione dello strato carburato. L'uso dell'arc – air dovrà essere preceduto dall'applicazione di un preriscaldamento di 25°C superiore rispetto a quello previsto per la saldatura del giunto oggetto dell'intervento. Le superfici dello scavo dovranno soddisfare i requisiti già descritti al punto 6.6.7.15.1.

6.6.7.16.4 Modalità esecutive delle riparazioni

La temperatura di preriscaldamento sarà, come per la puntatura, di 25°C superiore a quella prevista, per l'esecuzione del giunto, dalla procedura di saldatura approvata.

Il procedimento di saldatura da adottare sarà di norma quello manuale con elettrodi a rivestimento basilico, di caratteristiche chimiche e meccaniche simili a quelle del materiale base.

Potrà essere utilizzato il procedimento a filo continuo animato per riparare giunti saldati con scavi di lunghezza superiore a 250 mm.

Per tutto quanto attiene alla conservazione dei materiali di apporto ed alla tecnica esecutiva valgono le indicazioni già espresse per le saldature di produzione.

Non è ammesso l'uso di cordoncini molto tirati (apporto termico specifico $HI < 0.8 \text{ KJ/mm}$) per riempire scavi od incisioni per evitare eccessive durezza locali.

Le riparazioni dovranno dare luogo a superfici lisce e ben raccordate con il materiale adiacente; se necessario, i cordoni di riporto o riparazione verranno lisciati con mola o fresa a bottone.

A titolo di esempio potranno essere seguite modalità di riparazione come quelle di seguito indicate: per eliminare difetti non accettabili tipo "overlap" o eccessiva convessità: ridurre l'eccesso di metallo depositato rimuovendolo mediante mola;

- per eliminare difetti non accettabili tipo eccessiva concavità, crateri, cordoni sottodimensionati o incisioni: molatura di raccordo e saldatura fino ad ottenere un corretto profilo. La saldatura apportata per compensare il cordone sottodimensionato deve essere depositata con le prescrizioni delle riparazioni;
- per eliminare difetti non accettabili come inclusioni di scoria o eccessiva porosità: rimuovere i tratti difettosi con "arc – air" seguito da molatura e riportare saldatura fino ad ottenere un corretto profilo;
- per eliminare difetti non accettabili tipo cricche in saldatura o in zona termicamente alterata: rimuovere il tratto difettoso per una lunghezza, oltre le estremità della cricca, pari almeno alla lunghezza della cricca stessa con un massimo di 50 mm, curare la correttezza della forma dello scavo e procedere alla saldatura con le modalità di cui ai paragrafi precedenti.

6.6.7.16.5 Controlli dopo la riparazione

Ogni riparazione eseguita con o senza saldatura dovrà essere ricontrollata almeno con il medesimo metodo che ha rilevato il difetto; le zone sulle quali sono stati rilevati difetti inaccettabili con i controlli radiografici o ultrasonori dovranno essere nuovamente controllati con lo stesso metodo che ha rilevato i difetti, in caso di dubbi i due metodi potranno essere integrati.

6.6.7.16.6 Resoconto delle attività di saldatura

Dovrà essere compilato, a cura dell'ESECUTORE e secondo la UNI EN ISO 3834, un diario dei lavori di saldatura dal quale risultino tutte le particolarità e le circostanze secondo cui i lavori si svolgono.

I diari dovranno contenere un elenco di tutte le saldature eseguite, le riparazioni, i nomi dei saldatori, il procedimento di saldatura (parametri, materiali, preriscaldi, ecc.) gli eventuali controlli intermedi e quant'altro possa ritenersi utile di particolare registrazione.

I diari dovranno essere firmati dal Coordinatore di saldatura dell'ESECUTORE che si rende garante della loro esattezza.

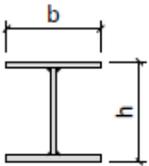
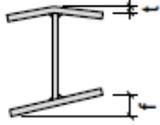
Essi dovranno essere esibiti in visione agli incaricati del controllo alla fine dei lavori; copia dei diari sarà consegnata all'incaricato delle FERROVIE per gli usi di collaudo e per essere conservata nell'incartamento del lavoro.

6.6.7.17 Controllo della geometria dei profili composti saldati

I controlli sulla geometria degli elementi dovranno essere eseguiti e certificati dall'ufficio qualità dell'ESECUTORE.

Per quanto riguarda le tolleranze geometriche, si farà riferimento a quanto indicato nell'appendice D della norma UNI EN 1090-2.

Limitatamente alle sole travate metalliche ferroviarie, il controllo della geometria dovrà estendersi non solo ai singoli elementi ma anche alla loro composizione in corrispondenza dei nodi della struttura, nel rispetto delle tabelle seguenti:

TOLLERANZE DIMENSIONALI PER MONTANTI E DIAGONALI DI TRAVI RETICOLARI PER PONTI E VIADOTTI FERROVIARI (mm)	
Dimensioni nominali	Tolleranza ammessa
	$h = -0,5 ; 0$ $b = 0 ; +5$
Incurvamento delle ali	Tolleranza ammessa
	$t \leq 0,5$ $f \leq 0,5$

Tab. 6.6.7.9.18-1

TOLLERANZE DIMENSIONALI PER I CORRENTI DI TRAVI RETICOLARI PER PONTI E VIADOTTI FERROVIARI (mm)	
Dimensioni (briglia superiore corrente)	Tolleranza ammessa
	<p>h (0, + 5) b (0, + 5) h' (+ 1, + 3) d (± 2) s (± 2)</p>
Fuori squadra (solo per l'esterno)	Tolleranza ammessa
	<p>$t \leq 0,5 \text{ mm}$</p>
Deformazione delle piattabande lungo il profilo (con l'esclusione delle zone di estremità)	Tolleranza ammessa
	<p>$c \leq 2 \% s$</p>
Zone di giunto sui piastroni	Tolleranza ammessa
	<p>hp''' (0, + 1) hp'' (+ 1, + 2) hp' (+ 2, + 3) hmd costante (-0,5, 0)</p>

Tab. 6.6.7.9.18-2

Le FERROVIE si riservano la facoltà di verificare, con proprio personale, che le dimensioni dei pezzi composti mediante saldatura siano corrispondenti a quelle di progetto, nel rispetto delle tolleranze suddette.

6.6.8 PREMONTAGGIO IN OFFICINA DELLE STRUTTURE PER PONTI FERROVIARI

È fatto obbligo eseguire in officina il montaggio provvisorio per controllare ed assicurare l'esattezza e la reciproca perfetta corrispondenza dei singoli pezzi assemblati per formare l'opera completa, in modo da poter apportare eventuali modifiche che si rendessero necessarie quando l'opera si trova ancora in officina senza creare soggezioni all'esercizio.

In tale fase di montaggio provvisorio si deve dare all'opera la controfreccia di montaggio prescritta e deve essere effettuata l'alesatura dei fori a diametro definitivo con l'ausilio di spine calibrate e bulloni di montaggio.

L'alesatura dei fori di attacco della controventatura inferiore potrà essere eseguita solo in cantiere, dopo che le strutture, rimossi i calaggi intermedi, siano sistemate sugli appoggi definitivi.

All'atto dell'accettazione provvisoria, le travate metalliche dovranno risultare prive di chiodature o bullonature definitive e della verniciatura, fatta eccezione per le parti a contatto destinate ad essere definitivamente chiodate o bullonate in officina che possono essere pitturate con la sola mano di fondo del ciclo previsto.

Per le strutture le cui membrature principali prevedono conci saldati in opera, il premontaggio provvisorio dovrà essere eseguito in officina parzialmente per conci.

A discrezione delle FERROVIE, il premontaggio provvisorio può essere autorizzato direttamente in cantiere qualora sussista la disponibilità di spazio e non si arrechi disturbo alla libera e regolare circolazione dei treni. In tal caso i singoli elementi prima della spedizione in cantiere debbono essere verniciati con la mano di fondo del ciclo di verniciatura previsto.

Affinché le FERROVIE siano messe in grado di esercitare il necessario controllo, è fatto obbligo all'ESECUTORE, quando avrà effettuato il montaggio completo provvisorio e dopo che siano state eseguite le alesature, di avvertire, con un anticipo di almeno 15 (quindici) giorni le FERROVIE per l'accettazione provvisoria.

Nel corso delle visite di accettazione saranno eseguiti almeno i seguenti controlli:

- Controllo della contro monta d'officina e delle lavorazioni;
- Controllo delle geometrie e della corrispondenza al progetto;
- Controllo delle alesature;
- Controllo visivo e dimensionale del contatto tra gli elementi da unire;
- Controllo della documentazione dei materiali, dei collaudi delle saldature, delle disposizioni scritte del coordinatore della saldatura.

Per permettere il controllo di tutte le membrature, unioni ecc., l'ESECUTORE dovrà predisporre idonee impalcature di servizio, secondo le norme antinfortunistiche in vigore. In mancanza, la visita di accettazione sarà rinviata, restando a carico dell'ESECUTORE ogni dannosa conseguenza.

Successivamente al premontaggio (in officina o in cantiere) una volta accertato l'esito positivo dei controlli previsti, le FERROVIE rilasceranno apposito certificato di accettazione provvisoria affinché le varie membrature possano essere predisposte per le successive lavorazioni.

Prima di procedere allo smontaggio occorre contrassegnare ogni singolo elemento in modo chiaro e distinto al fine di evitare confusioni durante il montaggio in opera.

6.6.9 MONTAGGIO IN OPERA

6.6.9.1 Prescrizioni generali

L'ESECUTORE, dovrà inviare alle FERROVIE il programma e il progetto particolareggiato secondo il quale intende provvedere alle operazioni di montaggio e posa in opera della struttura metallica tenendo conto che dovrà essere sempre previsto un piano inferiore alla struttura per la sicurezza degli operai e per un agevole controllo dei lavori della struttura assemblata.

Detto programma e progetto dovrà riportare l'approvazione delle FERROVIE che si riservano di introdurre tutte le modifiche per assicurare, con la più ampia garanzia, la perfetta riuscita delle operazioni di montaggio e/o dell'eventuale varo se previsto.

In caso di strutture interessanti l'esercizio ferroviario, tutte le operazioni ed i macchinari da utilizzare non dovranno interferire con la regolarità e la sicurezza dell'esercizio.

Durante la fase di montaggio in opera, oltre le verifiche da effettuare già descritte nel precedente par. 6.6.7 (se attinenti al tipo di opera), dovranno essere controllati i lavori onde verificare che non avvengano difetti del tipo frequentemente riscontrati quali quelli appresso indicati:

- inversione o scambio di posizione degli elementi;
- correzioni di forma con fiamma e conseguente forzatura degli elementi;
- mancato inserimento di imbottiture previste in progetto;
- superfici da coprigiuntare non pulite;
- chiodi non ribaditi correttamente;
- bulloni non serrati correttamente;
- sequenze operative non rispettate per la chiodatura e bullonatura (es. dall'interno verso l'esterno e i coprigiunti);
- esecuzione e/o allargamento di fori con fiamma;
- elementi assemblati fuori squadra (orizzontale e verticale);
- fori non corrispondenti;
- sostegni provvisori della struttura non stabili;
- assiemaggio degli elementi con punti di saldature;
- saldature in opera non previste e non eseguite correttamente;
- saldature eseguite su superfici ossidate, verniciate, zincate o comunque non preparate adeguatamente;
- inserimento di imbottiture di dimensioni non adeguate (ad esempio solo tra le superfici a vista -parti esterne);
- non ripristino della verniciatura delle superfici sottostanti alle zone piolate;
- saldatura dei connettori senza adeguato preriscaldamento del materiale e senza preparazione delle superfici;
- inserimento di bulloni di dimensioni e lunghezze non conformi al progetto;

- sostituzione di elementi deformati, inservibili o comunque mancanti con altri con caratteristiche meccaniche e chimiche non certe;
- riparazione di elementi con operazioni che ne compromettono la integrità;
- saldature in opera non autorizzate;
- saldature incomplete dei connettori (collarini);
- vernici non aderenti al supporto;
- verniciature eseguite in opera in difformità del ciclo approvato;
- adozione di procedimenti di saldatura non idonei in fase di montaggio;
- mancata pulizia dei fori di scarico delle acque;
- puntature di tondi per c.a. sui connettori o sulle piattabande delle strutture miste acciaio-calcestruzzo;
- mancata complanarità degli appoggi definitivi;
- movimentazione di materiale con dispositivi tali da deformare e/o incidere il materiale
- (es. incisioni da pinze ammorsatrici);
- mancata pulizia (sabbatura) della superficie delle piattabande superiori nelle strutture miste acciaio- calcestruzzo;
- difetti conseguenti ad un non corretto trasporto in opera dei materiali;
- difetti e distorsioni in alcuni elementi strutturali a seguito di una errata posa in opera delle strutture, in particolare modo nei vari.

Al termine del montaggio in opera le FERROVIE rilasceranno apposito benestare affinché si possa dar corso all'applicazione delle successive mani di pittura previste dal ciclo di verniciatura richiesto.

6.6.9.2 Saldature in fase di montaggio in cantiere

Nel piano di controllo della qualità si dovrà prevedere la presenza di un rappresentante delle FERROVIE e/o dell'Ente di Controllo designato, durante la saldatura in cantiere dei giunti testa a testa degli elementi strutturali più significativi.

Per le saldature in fase di montaggio in cantiere valgono tutte le prescrizioni concernenti i particolari strutturali, le procedure di saldatura e le modalità di conservazione dei materiali base e di apporto, le modalità esecutive, il personale impegnato nelle attività di saldatura, nonché la qualità dei giunti saldati ed il loro collaudo indicati ai punti precedenti.

Particolare riguardo andrà posto alla protezione dei lembi del cianfrino dalla ossidazione ed alla predisposizione di opportuni ripari durante le fasi di saldatura, prevedendo l'uso di idonee attrezzature; quest'ultima esigenza acquista maggiore rilevanza quando sia previsto l'impiego di procedimenti di saldatura diversi dall'elettrodo rivestito; in tal caso verrà preparata, a cura dell'ESECUTORE, un'adeguata procedura che dovrà descrivere le modalità di protezione dagli agenti atmosferici delle zone interessate dall'esecuzione delle saldature.

Dovrà essere posta la massima cura nello studio e nella realizzazione dell'assieme dei giunti e nella preparazione dei lembi, al fine di consentire la corretta esecuzione dei giunti stessi. In ogni caso, prima della saldatura, dovrà essere eseguito dall'Ente designato il controllo del cianfrino con rilievo della luce del giunto da saldare in opera per la verifica della corrispondenza con quanto riportato nel quaderno delle saldature approvato.

Il procedimento di saldatura previsto per le saldature al montaggio sarà generalmente quello manuale con elettrodi rivestiti basici omologati, simili, per caratteristiche meccaniche e chimiche, al materiale base. Altri procedimenti dovranno essere autorizzati preventivamente dalle FERROVIE.

I saldatori dovranno essere qualificati per la posizione di saldatura di lavoro. Potrà essere richiesta una verifica dell'abilità operativa in cantiere, specie in presenza di giunzioni particolarmente importanti o da eseguirsi in posizioni non agevoli, mediante la realizzazione di talloni di pre-produzione.

I giunti eseguiti in cantiere verranno controllati con modalità analoghe a quelle previste per i giunti di officina; valgono i medesimi criteri sull'estensione dei controlli per esito sfavorevole. Comunque, i giunti testa a testa delle strutture principali eseguiti in opera dovranno essere controllati con metodo magnetoscopico, radiografico ed ultrasonoro.

Sui giunti in acciaio di classe di resistenza S355 o inferiore, i controlli non distruttivi dovranno essere eseguiti non prima di 48 ore dopo l'ultimazione delle operazioni di saldatura se lo spessore combinato S_c è maggiore di 100 mm (figura 6.6.7.10-1). Per gli acciai a resistenza superiore i controlli dovranno essere eseguiti in ogni caso non prima di 48 ore dopo l'ultimazione delle operazioni di saldatura.

6.6.10 TRATTAMENTI SUPERFICIALI

6.6.10.1 Generalità

Il presente capitolo definisce i requisiti relativi al processo di protezione contro la corrosione delle opere metalliche nuove, nonché per la manutenzione di quelle esistenti attraverso impiego di sistemi di verniciatura o rivestimenti metallici (es.: zincatura). Le prescrizioni riportate nel seguito si applicano a tutte le classi di esecuzione indicate nel paragrafo 6.6.1 ad eccezione dei componenti metallici realizzati in acciaio inossidabile.

6.6.10.2 Zincatura a caldo

6.6.10.2.1 Generalità

La zincatura a caldo è un processo, che permette la formazione di un rivestimento di zinco su oggetti di acciaio attraverso un processo d'immersione a caldo. Questo tipo di protezione permette la formazione di uno strato di lega intermedio zinco-ferro con proprietà di durezza e resistenza maggiori di quella del ferro.

La zincatura a caldo dovrà essere effettuata in conformità alla EN ISO 1461, nella quale vengono definiti gli spessori di rivestimento minimi previsti, riportati in forme tabellare in funzione dei differenti spessori del manufatto di acciaio zincato, per diversi tipi di pezzi trattati. Vengono indicati i metodi di prova per le verifiche di tali spessori e la procedura di campionatura relativa. Inoltre, vengono stabiliti l'aspetto e le caratteristiche finali che la zincatura deve possedere. Sul rivestimento infatti dovranno essere assenti bolle, punte, aree scoperte, eccessiva ruvidità, residui di flussante; eventuali presenze di ceneri o gocce di zinco, che dovranno necessariamente essere contenute per quanto le difficoltà di lavorazione lo permettano, devono trovarsi in posizioni tali da non interferire con l'efficace utilizzo del manufatto. Piccole rugosità superficiali, piccoli noduli di zinco saranno di norma tollerati. Eventuali parti taglienti che possono costituire un rischio, dovranno essere rimosse.

La norma UNI EN ISO 14713 rappresenta il riferimento generale per le proprietà del rivestimento di zincatura in termini di ambienti di utilizzo, durabilità e progettazione, nonché la qualità degli acciai da sottoporre a zincatura.

Di regola, tutti gli acciai da costruzione possono essere zincati a caldo. Tuttavia alcuni elementi derivanti dal ciclo di produzione dell'acciaio possono alterare la formazione della lega ferro-zinco, come ad esempio silicio e fosforo.

La zincatura a caldo di acciai che presentano percentuali di silicio e fosforo fuori dai limiti potrebbe risultare con:

- aspetto non brillante
- colore opaco-scuro
- puntinatura
- presenza di macchie, retinatura
- sovrappessore del rivestimento di zinco con conseguente infragilimento e sfogliatura

Nei casi di strutture scatolari è necessario che durante l'immersione nel bagno di zinco esso possa penetrare liberamente e rapidamente all'interno dei profilati facendo in modo che nello stesso tempo venga eliminata del tutto l'aria all'interno delle strutture stesse. Ogni profilato dovrà permettere quindi, nello stesso momento l'entrata dello zinco e l'uscita dell'aria da apposite aperture praticate sul profilato stesso.

6.6.10.2.2 Preparazione superficiale

Per la rimozione di chiazze e strati contaminati, quali ruggine e calamina, prodotti dell'ossidazione ed altre sostanze estranee come saponi, oli, vernici, scorie di saldatura e residui di lavorazioni precedenti, di regola si dovrà sottoporre il pezzo da zincare a trattamenti chimici di sgrassaggio e decapaggio.

In casi particolari, in cui i pezzi si presentino particolarmente contaminati o sporchi, si potrà ricorrere alla pulizia meccanica, attraverso molatura, spazzolatura o sabbiatura.

Relativamente alle lavorazioni di taglio e arrotondamento degli spigoli, valgono le prescrizioni di cui al par.

6.6.5.2 della presente sezione del Capitolato.

6.6.10.3 Verniciatura

6.6.10.3.1 Prescrizioni e controlli in fase di applicazione

6.6.10.3.1.1 Prescrizioni generali

Si definisce ciclo di verniciatura un sistema composto da uno o più prodotti vernicianti applicati in progressione secondo specifiche condizioni. Il ciclo di verniciatura da applicare sulle opere oggetto del presente capitolato dovrà essere scelto dall'ESECUTORE tra quelli omologati da FERROVIE. L'elenco di suddetti cicli potrà essere richiesto alla Struttura che ha emanato il presente Capitolato.

Il ciclo dovrà essere scelto in funzione dell'ambiente atmosferico cui l'opera è destinata, sulla base delle indicazioni fornite al riguardo dal progettista dell'opera, salvo diverse indicazioni di FERROVIE. Nella seguente tabella sono indicate le classi di corrosività relative ai vari ambienti atmosferici con il corrispondente spessore minimo del film protettivo.

Descrizione dell'ambiente	Classe di corrosività	Spessore nominale del film secco
Ambienti con basso livello di inquinamento (ad esempio, le aree rurali). Ambienti urbani e industriali, con modesto inquinamento da anidride solforosa. Zone costiere con bassa salinità.	C3	200 µm (160 µm con primer zincante)
Aree industriali e zone costiere con moderata salinità.	C4	280 µm (240 µm con primer zincante)
Aree industriali con alta umidità e atmosfera aggressiva (distanza da aree industriali inferiore a 500 m)	C5-I	320 µm
Zone costiere con alta salinità (distanza dalla costa inferiore a 500 m)	C5-M	320 µm

Tabella 6.6.10.3.1.1.1 - Classi di corrosività e requisiti minimi per cicli di verniciatura su substrato in acciaio

Relativamente ai cicli di verniciatura su substrato in acciaio zincato a caldo, di seguito si riportano i requisiti minimi di spessore in funzione delle classi di corrosività:

Classe di corrosività	C3	C4	C5-M e C5- I
Spessore nominale del film secco	80 µm	120 µm	160 µm

Tabella 6.6.10.3.1.1.2 - Classi di corrosività e requisiti minimi per cicli di verniciatura su substrato in acciaio zincato a caldo

Per quanto non specificato nella presente norma per i cicli di verniciatura su substrato in acciaio zincato a caldo, si rimanda al prospetto A.9 della norma UNI EN ISO 12944-5.

I cicli di verniciatura su substrato in acciaio dovranno avere una durabilità, intesa come durata dell'efficacia di una verniciatura protettiva fino al primo intervento importante di manutenzione, "alta" (durata superiore a 15 anni) ai sensi di quanto indicato nella norma UNI EN ISO 12944-1. I cicli di verniciatura per la protezione di strutture zincate a caldo e quelli per apparecchi d'appoggio dovranno invece avere almeno una durabilità "media" (durata compresa tra 5 e 15 anni).

Per tutti i cicli di verniciatura è previsto un limite superiore del numero di mani, pari a 3.

In tutti i lavori di manutenzione di opere esistenti, l'ESECUTORE dovrà utilizzare esclusivamente un ciclo di verniciatura di tipo manutentivo, tra quelli omologati da FERROVIE.

I prodotti vernicianti dovranno provenire da PRODUTTORE in possesso delle certificazioni UNI-EN ISO 9001 e UNI EN ISO 14001.

Le prove e i controlli dovranno essere svolte alla presenza di un ispettore di FERROVIE, presso laboratori accreditati in conformità alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 (per le singole tipologie di prove da effettuare) da Organismi autorizzati dallo Stato a svolgere attività di accreditamento. L'interpretazione degli esiti delle prove dovrà essere effettuata da un ispettore qualificato NACE o FROSIO, interno al laboratorio o incaricato a spese del laboratorio stesso.

6.6.10.3.1.2 Condizioni di fornitura

I prodotti vernicianti dovranno essere forniti in condizioni tali da essere pronti per l'impiego seguendo le modalità di applicazione specificate nelle relative schede tecniche.

Per ciascuna fornitura l'ESECUTORE dovrà consegnare a FERROVIE, unitamente alla bolla di consegna, la dichiarazione del PRODUTTORE attestante la conformità della pittura a quella corrispondente omologata.

6.6.10.3.1.3 Modalità di stoccaggio

Se non diversamente specificato nelle istruzioni del PRODUTTORE o nelle specifiche dei lavori, i prodotti vernicianti dovranno essere immagazzinati, in ambienti chiusi o quantomeno coperti, a temperature comprese tra +5°C e +30°C. Particolare attenzione dovrà essere rivolta ai prodotti a base d'acqua che il gelo può rendere inutilizzabili.

I prodotti vernicianti stoccati in luoghi freddi dovranno essere posti, 24 ore prima del loro utilizzo, in un locale con temperatura di almeno 15°C, onde evitare che vengano utilizzati con viscosità inadeguata e con tempi di reticolazione eccessivamente lunghi.

I prodotti dovranno essere conservati nei contenitori originali sigillati fino al momento dell'impiego ed essere accessibili ai rappresentanti di FERROVIE per gli opportuni controlli.

6.6.10.3.1.4 Preparazione delle superfici

Il profilo superficiale dei substrati influenza l'adesione del rivestimento, pertanto sarà necessario preparare adeguatamente le superfici da verniciare, garantendo una rugosità superficiale riconducibile ad un profilo "medio G" per le strutture nuove oppure "medio S" per le esistenti, come definiti nella norma UNI EN ISO 8503.

Prima di procedere alla preparazione delle superfici, si dovrà eliminare: olio, grasso, sali, impurezze e altri contaminanti con metodi appropriati (vedi appendici A e C all'UNI EN ISO 12944-4).

Di seguito si riportano le diverse preparazioni superficiali per ciascuna tipologia e condizione del substrato.

Strutture metalliche nuove

La preparazione superficiale consiste nella rimozione della ruggine e della calamina mediante sabbiatura con abrasivo sintetico o metallico di adeguata granulometria, privo di silice libera, sino al raggiungimento del grado Sa 2½ (metallo quasi bianco) ai sensi della norma UNI EN ISO 8501. Dovranno essere eliminati, preliminarmente con molatura, tutte le eventuali incisioni presenti sia sulle superfici degli elementi che sui bordi, provocate dall'ossitaglio.

Strutture metalliche nuove zincate a caldo

La preparazione superficiale consiste nello sgrassaggio con idonei detergenti biodegradabili e nella spazzolatura, smerigliatura e carteggiatura mediante utensili manuali o meccanici.

Ove possibile, a giudizio delle FERROVIE, la preparazione delle superfici zincate potrà essere effettuata mediante sabbiatura di spazzolatura (punto 6.2.3.4.1 norma 12944-4) usando un abrasivo non metallico.

Strutture metalliche esistenti

La preparazione superficiale consiste nella spazzolatura, smerigliatura e carteggiatura mediante utensili manuali o meccanici, per la rimozione di ruggine, calamina, vecchie pitture non aderenti e vescicature sino al raggiungimento del grado St 3 ai sensi della norma UNI EN ISO 8501.

La preparazione delle superfici potrà anche essere effettuata mediante sabbiatura sino al raggiungimento del grado Sa 2 ai sensi della norma UNI EN ISO 8501, salvo diverse indicazioni del PRODUTTORE o dalle FERROVIE.

Strutture metalliche esistenti zincate a caldo

La preparazione superficiale di superfici zincate a caldo, di norma sarà effettuata attraverso idrolavaggio a bassa pressione (<350 bar) per non intaccare lo spessore della zincatura.

6.6.10.3.1.5 Controlli

Non potrà procedersi alle operazioni di verniciatura in assenza della verifica di conformità dei prodotti vernicianti con quelli omologati. A tale scopo, l'ESECUTORE ha l'obbligo di approvvisionare tempestivamente tutti i prodotti per la verniciatura, in modo da consentire a FERROVIE il prelievo di due campioni di ciascun prodotto (ai sensi della norma UNI EN ISO 1512) per la suddetta verifica di conformità. Tali prove dovranno effettuarsi presso un laboratorio, da individuare in base alle indicazioni fornite al paragrafo 6.6.10.3.1.1, a cura e spese dello stesso ESECUTORE.

Le FERROVIE apporranno su ogni barattolo, contenente la pittura o il relativo catalizzatore, il nome, il codice e il lotto di fornitura del prodotto. Tali informazioni dovranno essere riportate anche sulla lettera di accompagnamento, redatta dall'ESECUTORE, per l'invio dei campioni.

Sul campione prelevato si dovrà effettuare:

- analisi qualitativa attraverso spettrofotometria infrarossa, con la quale avere informazioni qualitative sui gruppi funzionali presenti nelle molecole che formano il campione e quindi, indirettamente, sulle molecole stesse. L'analisi dovrà essere effettuata di regola sul prodotto base e sul catalizzatore. FERROVIE si riserva la possibilità di effettuarla anche sul prodotto catalizzato.
- Analisi quantitativa al fine di determinare la composizione del prodotto, secondo quanto indicato nella parte 2 della scheda di identificazione allegata al presente documento (allegato 1).

Lo spettro infrarosso ottenuto dal campione prelevato dovrà essere corrispondente in termini di posizione, intensità e forma della banda di assorbimento a quello depositato presso FERROVIE in fase di omologazione. Relativamente alle determinazioni quantitative, non saranno ammessi scostamenti maggiori del 5% tra i dati ottenuti dal campione prelevato e quelli depositati presso FERROVIE in fase di omologazione.

La composizione del prodotto verniciante, salvo ulteriori più severe prescrizioni, dovrà comunque essere esente da ammine aromatiche, da metalli pesanti (sono ammesse lievi impurezze non superiori allo 0.05%) e da cianuri. In particolare, dovranno risultare assenti: ossidi e sali di piombo e di cromo, solventi clorurati e benzene (legge n° 245 del 5.3.63). Per i carbonati è ammessa la presenza di tracce come impurezza (< 3% sulla pittura).

Si fa presente che al fine di produrre risultati analitici accettabili le campionature di vernici dovranno essere analizzate entro un tempo massimo di 6 mesi dall'invio al laboratorio e comunque entro la data di scadenza apposta sul barattolo.

Oltre ai controlli preventivi sui materiali descritti in precedenza, le FERROVIE potranno effettuare a proprio insindacabile giudizio i seguenti controlli su ogni fase dei lavori di verniciatura, in particolare:

Prima dell'applicazione

- accertamento, mediante una lunga spatola, che il prodotto verniciante nel contenitore si presenti privo di alterazioni irreversibili quali gelatinizzazione della massa, sedimento duro indisperdibile, geletti di resina o grumetti di pigmento non disperdibili, pelle superficiale;
- accertamento visivo della corretta preparazione della superficie da trattare;
- verifica della rispondenza dei mezzi e delle apparecchiature alle prescrizioni delle schede tecniche; Sul film essiccato
- accertamento visivo dell'assenza di colature, festonature, bolle, raggrinzimenti, macchie, disuniformità di tinta o di brillantezza;
- controllo dello spessore delle singole mani e totale, secondo UNI EN ISO 2808. Il valore "medio" dello spessore rilevato non deve essere inferiore a quello nominale di omologazione e ciascun "singolo" valore rilevato non deve essere inferiore all'80% del valore nominale di omologazione;
- controllo dell'aderenza effettuato mediante pull-off secondo UNI EN 4624. Come requisito, non è ammessa nessuna rottura a meno che i valori di trazione siano 4 MPa o maggiori. La suddetta prova dovrà essere svolta da un ispettore qualificato NACE o FROSIO incaricato dall'ESECUTORE

Il numero dei controlli sarà effettuato a discrezione delle FERROVIE in relazione all'entità del lavoro ed all'esito dei primi accertamenti.

6.6.10.3.1.6 Applicazione dei prodotti

I prodotti vernicianti dovranno essere impiegati solamente previa autorizzazione delle FERROVIE a seguito dell'esito positivo delle prove di cui al paragrafo 6.6.10.3.1.5.

Al momento dell'apertura del contenitore, il prodotto verniciante dovrà presentarsi senza difetti, degradamenti di sorta, quali sedimentazione irreversibile del pigmento, formazione di pelli, impolmonimento, gelatinizzazione, addensamento, presenza di mucillagine etc. È comunque sempre indispensabile omogeneizzare la massa, preferibilmente con agitatori meccanici, e poi procedere alla filtrazione con apposite reti per allontanare qualsiasi eventuale grumo. Nel caso di pitture a due componenti si dovranno omogeneizzare separatamente base ed induritore e mescolarli successivamente fra loro, tassativamente nelle proporzioni indicate dal fornitore.

La diluizione è consentita solo se prescritta dal colorificio: in tal caso dovrà essere effettuata esclusivamente con i diluenti prescritti, nella percentuale e con le modalità indicate dallo stesso e comunque sempre in modo tale da ottenere, per ogni singola mano, gli spessori richiesti a film secco.

Per assicurare la protezione richiesta alla verniciatura, le condizioni ambientali del sito dovranno essere controllate per verificare la loro conformità ai requisiti forniti dalla scheda tecnica del PRODUTTORE per quel particolare prodotto verniciante.

Durante i lavori di verniciatura si dovrà prestare attenzione che non vi siano influenze esterne che possano provocare una riduzione della qualità del film protettivo. I lavori di verniciatura dovranno essere effettuati in una zona separata da quella adibita a lavori di altro tipo (sabbatura, saldatura, etc...). Se durante l'applicazione sopravvengono condizioni atmosferiche avverse, occorre sospendere i lavori e proteggere quanto meglio è possibile le zone verniciate di fresco.

Le temperature minime e massime ammissibili della superficie da verniciare e dell'aria circostante dovranno essere conformi a quelle specificate nella scheda tecnica del PRODUTTORE.

Fatto salvo quanto detto, in ogni caso non potranno effettuarsi i lavori in condizioni diverse da quelle sotto elencate:

- temperatura dell'aria e delle superfici da verniciare comprese tra +5° C e +35° C;
- umidità relativa non superiore all'80%;
- assenza di vento con particelle o polveri in sospensione, di fumi o di vapori aggressivi.

Inoltre:

- le superfici devono essere completamente asciutte,
- la verniciatura deve essere programmata in modo che polvere, intemperie, condensa ed altri contaminanti non cadano sulle superfici appena verniciate.

L'applicazione delle pitture dovrà essere eseguita da personale specializzato con mezzi adeguati alla tipologia di lavoro da eseguire e secondo le prescrizioni del PRODUTTORE e nel rispetto delle condizioni climatiche e di sicurezza fornite nelle schede tecniche e definite da FERROVIE; la prima mano dovrà essere applicata non oltre 12 ore dall'ultimazione dell'operazione di preparazione e/o pulitura per evitare fenomeni di flash rust.

Ciascuna mano dovrà essere applicata con lo spessore per essa indicato nel ciclo omologato e pertanto l'operatore dovrà disporre di spessimetri ad umido per verificare la corretta applicazione.

L'applicazione non dovrà dar luogo a colature e sgocciolamenti, che dovranno eventualmente essere tempestivamente eliminati a film ancora bagnato.

Ciascuna mano dovrà essere essiccata prima di applicare la mano successiva; i tempi di sovrapposizione sono quelli riportati nelle schede tecniche relative.

Dopo l'applicazione dell'ultimo strato di finitura il supporto deve presentarsi completamente ricoperto, di tonalità omogenea e di aspetto uniforme.

Per i cicli su strutture nuove la prima mano di fondo sarà applicata in officina e le successive mani, a completamento del ciclo, in cantiere una volta completato il montaggio.

Dopo l'applicazione della mano di fondo, sarà possibile immagazzinare in officina le nuove strutture per un periodo massimo di sei mesi, dopo il quale, qualora non sia ancora possibile procedere con il montaggio in opera e con l'applicazione delle mani residue, si dovrà procedere ad una nuova applicazione della mano di fondo, previa preparazione superficiale.

6.6.10.3.1.7 Colore

Il colore di ciascuna mano del ciclo di verniciatura deve essere tale da distinguersi dal precedente e dovrà corrispondere a quello indicato dalle FERROVIE.

6.6.10.3.1.8 Protezione per la spedizione

La movimentazione, l'accatastamento e la spedizione degli elementi pitturati dovranno essere effettuate con tutte le precauzioni necessarie a non arrecare danni ad essi ed alla loro protezione.

Le corde per imballaggio non dovranno essere in contatto con il materiale; ove possibile tra i due dovrà essere interposto uno spessore di legno o altri elementi che impediscano danni allo strato di protezione.

Se durante il carico per la spedizione, lo stato protettivo in alcune parti si deteriorasse queste dovranno essere nuovamente protette.

6.6.10.3.1.9 Ritocchi

Durante il montaggio dovranno essere tempestivamente eseguiti i ritocchi necessari per ripristinare tutte le parti verniciate, danneggiate da saldature, escoriazioni o altro.

Di norma i ritocchi saranno eseguiti preparando la superficie mediante spazzolatura fino al grado ST 3 secondo la norma UNI EN ISO 8501. I prodotti da impiegare per i ritocchi saranno gli stessi del ciclo applicato sia nel numero delle mani che negli spessori; eventuali modalità diverse dovranno essere sottoposte al preventivo benestare delle FERROVIE.

L'esecuzione dei ritocchi, sia in fase di preparazione della superficie che in fase di pitturazione, non dovrà causare alcun danno alle superfici limitrofe; i ritocchi vanno estesi in modo tale da eliminare qualsiasi traccia di corrosione sotto pellicolare.

6.6.10.3.1.10 Garanzia

L'ESECUTORE, per la durata indicata nel contratto e comunque per un periodo non inferiore a cinque anni, è tenuto a garantire che sia i materiali sia l'applicazione siano esenti da vizi, difetti o difformità. Per tutelare tale garanzia, le FERROVIE potranno chiedere all'appaltatore una polizza assicurativa indennitaria a copertura della garanzia richiesta.

La durata della garanzia, in accordo con le Condizioni Generali di Contratto, decorre dall'emissione del certificato di regolare esecuzione.

Durante detto periodo di garanzia l'ESECUTORE sarà tenuto a riparare o a rifare, a propria cura e spese, quelle parti che risultassero non eseguite a perfetta regola d'arte o difettose per inadeguatezza di preparazione delle superfici, di applicazione delle pitture o insufficiente resistenza di queste agli agenti atmosferici, mostrando difetti quali distacchi, screpolature, scagliature, colature, insaccature o affioramenti di ruggine.

Al fine di ripristinare il buon aspetto estetico dell'opera, se i lavori di ritocco eseguito nel periodo di garanzia superano il 20% della superficie totale, l'ESECUTORE sarà tenuto ad eseguire, a propria cura e spese, una totale successiva mano di verniciatura.

PALI E MICROPALI

7.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Tecnico delle Opere Civili.

7.1.1. CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione del Capitolato si applica a tutte le opere di fondazione ove sono previsti pali e micropali.

Per l'utilizzo dei pali nelle opere di sostegno valgono le prescrizioni contenute nella Sezione 8 "Paratie di pali, diaframmi e palancole" del presente Capitolato.

Per l'utilizzo dei micropali nelle opere di rinforzo e stabilizzazione del terreno valgono le prescrizioni contenute nella Sezione 10 "Opere di miglioramento rinforzo e stabilizzazione" del presente Capitolato.

I PALI sono distinti, con riferimento alle loro dimensioni, in pali di medio e grande diametro. Nel presente documento si utilizza la seguente classificazione:

- *pali di medio diametro:* $300 \text{ mm} \leq D \leq 600 \text{ mm}$
- *pali di grande diametro:* $D > 600 \text{ mm}$

I "MICROPALI" sono perforazioni trivellate aventi diametro $D < 300 \text{ mm}$, costituiti da malte o miscele cementizie e da idonee armature d'acciaio.

Si precisa che per le modalità di gestione dei materiali di risulta, derivanti dalla realizzazione delle opere di cui alla presente sezione in qualità di sottoprodotti e/o in qualità di rifiuti, si rimanda ai documenti specialistici di riferimento (progetto e documenti contrattuali) nonché a quanto disciplinato dalla normativa ambientale vigente (D.lgs. 152/06 e s.m.i., D.P.R. 13 giugno 2017, n.120, D.M. 05/02/98 e s.m.i., D.M. 27/09/2010 aggiornato con il D.M. 24/06/2015, etc.).

7.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la normativa e documentazione di riferimento.

Costituiscono oggetto di riferimento normativo, da intendersi non esaustivo. In ogni caso viene considerata valida l'edizione della norma vigente al momento del ritiro dei documenti di gara, nonché l'eventuale aggiornamento intercorso a valle di questo purché concordato tra le parti; in caso di discordanza tra diverse norme, vale l'interpretazione più favorevole per FERROVIENORD.

7.2.1. NORMATIVA NAZIONALE

- D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare 02 febbraio 2009 n° 617/ C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008" per quanto non in contrasto con il D.M. 17 gennaio 2018
- D.lgs. 03 aprile 2006 n° 152 "Norme in materia ambientale"

7.2.2. NORMATIVA EUROPEA E NORMATIVA TECNICA

- EN 1990:2006 "Eurocode - Basis of structural design"
- EN 1997-2:2007 "Eurocode 7- Geotechnical design – Part 2: Ground investigation and testing"

- UNI EN 1536:2015 “Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Palitrivellati”
- 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 10080:2005 “Acciaio d’armatura per calcestruzzo - Acciaio d’armatura saldabile – Generalità”
- UNI EN 10210-1:2006 “Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche di fornitura”
- UNI EN 10210-2:2006 “Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali - Parte 2: Tolleranze, dimensioni e caratteristiche del profilo”
- 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 12699:2015 “Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Pali eseguiti con spostamento del terreno”
- UNI EN 12794:2007 “Prodotti prefabbricati di calcestruzzo - Pali da fondazione”
- UNI EN 14199:2015 “Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Micropali”

7.3. Normativa ferroviaria

- Normative Europee (EURONORME)
- Normative ISO
- Norme tecniche nazionali e linee guida

7.4. DEFINIZIONI

Contratto: contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l'acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l'esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla stazione appaltante.

DIREZIONE LAVORI: ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali.

Direttore dei lavori: soggetto che ha la responsabilità del coordinamento e della supervisione dell'attività di tutto l'ufficio di direzione dei lavori, ed interloquisce in via esclusiva con l'esecutore in merito agli aspetti tecnici ed economici del contratto. Cura che i lavori siano eseguiti a regola d'arte ed in conformità al progetto e al contratto.

ESECUTORE: soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, Contraente Generale, General Contractor).

FERROVIE: FERROVIENORD S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di FERROVIENORD S.p.A. (Direzione Lavori, Alta sorveglianza).

Micropali a iniezione multipla selettiva: micropali realizzati attrezzando le perforazioni di piccolo diametro con tubi metallici dotati di valvole di non ritorno, connessi al terreno circostante mediante iniezioni cementizie eseguite a pressione e volumi controllati.

Micropali a semplice cementazione: micropali realizzati inserendo entro una perforazione di piccolo diametro un'armatura metallica e solidarizzati mediante il getto di una malta o di una miscela cementizia.

Pali infissi gettati in opera: pali realizzati riempiendo con calcestruzzo lo spazio interno vuoto di un elemento tubolare metallico fatto penetrare nel terreno mediante battitura o per vibrazione, senza asportazione del terreno medesimo.

I pali infissi gettati in opera si distinguono in:

- pali con rivestimento definitivo in lamiera d'acciaio, corrugata o liscia, chiusi alla base con un fondello d'acciaio. I pali vengono realizzati infiggendo per battitura il rivestimento tubolare. Dopo l'infissione e la eventuale ispezione interna del rivestimento, il palo viene completato riempiendo il cavo del rivestimento con calcestruzzo armato o non armato;
- pali realizzati tramite infissione nel terreno di un tubo-forma estraibile, in genere chiuso alla base da un fondello a perdere. Terminata l'infissione, il palo viene armato con gabbia in acciaio e completato con getto di calcestruzzo, con o senza la formazione di un bulbo espanso di base. Durante il getto, il tubo-forma viene estratto dal terreno.

Pali infissi prefabbricati: pali realizzati mediante battitura di manufatti, senza asportazione di terreno, ed eventualmente con l'ausilio di un getto d'acqua in pressione che fuoriesce dalla punta attraverso un foro centrale longitudinale.

A seconda che i pali siano prefabbricati in stabilimento od in cantiere, saranno adottate le seguenti tipologie costruttive:

- pali prefabbricati in stabilimento: in calcestruzzo centrifugato ed eventualmente precompresso, di norma a sezione circolare, di forma cilindrica, tronco-conica o cilindro-tronco-conica;
- pali prefabbricati in cantiere: in calcestruzzo vibrato, di norma a sezione quadrata.

Pali trivellati: I pali trivellati sono costruiti in opera, eseguendo il getto di calcestruzzo all'interno di un foro, dopo l'introduzione di una gabbia di armatura, quando prevista. Si differenziano essenzialmente per i metodi di perforazione, sostegno delle pareti e getto del calcestruzzo.

Pali trivellati tradizionali: Si definiscono pali trivellati tradizionali quelli ottenuti per asportazione del terreno e sua sostituzione con calcestruzzo armato. Durante la perforazione la stabilità dello scavo può essere garantita con l'ausilio di fanghi stabilizzanti ovvero tramite l'infissione di un rivestimento metallico provvisorio.

Pali trivellati ad elica continua: Si definiscono pali trivellati ad elica continua i pali realizzati mediante infissione per roto-traslazione di una trivella ad elica continua e successivo getto di calcestruzzo, fatto risalire dalla base del palo attraverso il tubo convogliatore interno all'anima dell'elica, con portate e pressioni controllate.

L'estrazione dell'elica avviene contemporaneamente alla immissione del calcestruzzo. L'eventuale gabbia di armatura viene posta in opera una volta completato il getto di calcestruzzo.

Pali con morsa giracolonna: pali trivellati realizzati all'interno di tubo-forma provvisorio in acciaio infisso con movimento rototraslatorio a mezzo di morsa giracolonna. Tale tipologia è da utilizzare in presenza di trovanti, strati lapidei, murature esistenti e ove non fosse possibile l'utilizzo di diversa attrezzatura di perforazione.

Prova: forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni delle FERROVIE.

7.5. ABBREVIAZIONI

cls: calcestruzzo

DL: Direzione Lavori

SLE: Stati Limite di Esercizio

WBS: Work Breakdown Structure

7.6. ONERIE PRESCRIZIONI GENERALI

L'ESECUTORE, fermo restando quanto previsto dalle "Disposizioni generali" del presente Capitolato, che devono intendersi totalmente richiamate, se non diversamente prescritto, prima di dare inizio alle lavorazioni, dovrà:

- presentare alla DIREZIONE LAVORI una relazione tecnico – operativa, così come indicato al paragrafo 7.5.1;
- presentare alla DIREZIONE LAVORI una relazione finale delle risultanze del campo prova al fine di concordare l'esecuzione di eventuali prove per la taratura dei parametri geotecnici;
- eseguire il tracciamento preliminare dei pali identificando la posizione sul terreno mediante infissione di appositi picchetti in corrispondenza dell'asse di ciascun palo, e accertare che su ogni picchetto sia riportato il numero progressivo del palo in conformità alla planimetria presentata ed accettata dalla DIREZIONE LAVORI.

All'inizio e durante le lavorazioni, l'ESECUTORE, se non diversamente prescritto, dovrà:

- mantenere la piazzola di lavoro pulita e sgombra, anche al fine di consentire il costante controllo della quota di testa-palo;
- per eventuali variazioni delle metodologie esecutive precedentemente approvate, presentare un'ulteriore relazione tecnico-operativa sulle nuove metodologie, da sottoporre all'approvazione della DIREZIONE LAVORI, la quale potrà, a sua discrezione, richiedere l'esecuzione di prove tecnologiche (campo prova) al fine di verificare l'idoneità delle nuove metodologie esecutive;
- comunicare alla DIREZIONE LAVORI anomalie e/o differenze rispetto alla stratigrafia prevista, e comunque ogni qual volta le condizioni reali risultino sensibilmente differenti da quelle di progetto;
- eseguire tutte le prove, previste nella relazione tecnico operativa di cui al paragrafo 7.5.1, in situ e/o di laboratorio, e allegare i certificati alla specifica documentazione di controllo elaborata per ciascuna opera. Detto laboratorio potrà essere di cantiere (per le prove per cui è attrezzato), o qualificato ed approvato dalla DIREZIONE LAVORI, od ancora un Laboratorio Ufficiale autorizzato;
- curare che lo stoccaggio in cantiere delle gabbie di armatura avvenga in apposita area preliminarmente individuata, verificando che le gabbie non siano a contatto diretto con il terreno e siano provviste di idoneo contrassegno indicante gli estremi della fornitura dell'opera o porzione di opera per cui è previsto l'impiego (WBS), del numero del palo e della posizione

della gabbia;

- provvedere alla scapitozzatura delle teste di tutti i pali con martello demolitore, di peso operativo non superiore a 170 kg e diametro della punta adeguato alla geometria della struttura, fino alla quota di progetto (piano d'imposta della fondazione sovrastante), provvedendo altresì alla sistemazione e ripulitura dei ferri d'armatura e della testa del palo con aria in pressione;
- provvedere, al completamento dei lavori e nel rispetto delle scadenze fissate contrattualmente, alla redazione e trasmissione della documentazione finale "as-built" prevista da contratto;
- indicare, per ciascun palo, i mc gettati da ogni betoniera e la corrispondente quota raggiunta dal cls nel foro, onde poter riscontrare le eventuali difformità tra i valori gettati e quelli attesi, verificare che tali dati siano registrati in specifici documenti di controllo resi disponibili alla DIREZIONE LAVORI, ed accertare che le eventuali anomalie siano comunicate tempestivamente alla DIREZIONE LAVORI e riportate nella documentazione "as-built".

L'ESECUTORE dovrà dare evidenza delle attività di controllo effettuate per garantire la conformità alle prescrizioni della presente sezione attraverso la redazione di specifica documentazione di registrazione, elaborata per ciascun palo/micropalo.

7.6.1. RELAZIONE TECNICO – OPERATIVA

La relazione tecnico operativa che l'ESECUTORE deve presentare alla DIREZIONE LAVORI dovrà contenere:

- il rilievo stratigrafico del terreno individuato dal progetto;
- una planimetria riportante la posizione di tutti gli elementi, (con indicazione di quelli da attrezzare con una specifica strumentazione di prova), contrassegnati da un numero progressivo distintivo di ciascun elemento; le date ed il programma delle prove dovranno essere altresì comunicati a FERROVIENORD con almeno 7 giorni di anticipo sulle date di inizio;
- l'elenco e la descrizione tecnica delle apparecchiature da utilizzare, con indicate le modalità di esecuzione e le seguenti caratteristiche:

per i pali infissi (nel caso di utilizzo di battipalo):

- Y energia massima di un colpo e relativa possibilità di regolazione;
- Y n. di colpi al minuto e relativa possibilità di regolazione;
- Y efficienza "E" del battipalo;
- Y caratteristiche del cuscino (materiale, diametro, altezza, costante elastica, coefficiente di costituzione);
- Y caratteristiche della cuffia (materiale e peso);
- Y peso degli eventuali adattatori;
- Y peso del

battipalo. per i pali

trivellati:

- Y caratteristiche, numero, potenza e capacità operativa delle attrezzature, in funzione delle condizioni ambientali, litologiche e idrogeologiche dei terreni da attraversare nonché delle dimensioni dei pali da eseguire;
- Y caratteristiche dei macchinari da utilizzare nel caso di presenza nel terreno di trovanti lapidei o di strati cementati o nel caso si voglia conseguire un adeguato ammorsamento in substrati di roccia dura;
- Y in caso di impiego di fanghi stabilizzanti, le modalità operative di utilizzo degli stessi e le

- caratteristiche tecniche dell'impianto di trattamento cui devono essere soggetti;
- Y il programma di esecuzione delle opere nel quale sia indicata la successione cronologica prevista per la realizzazione dei pali/micropali;
 - Y la programmazione di un eventuale specifico campo prova (pali/micropali "pilota" esterni all'opera) al fine di verificare l'idoneità di tutte le attrezzature e l'adeguatezza delle modalità esecutive, nelle particolari condizioni stratigrafiche e in relazione all'importanza dell'opera o a particolari soggezioni ambientali;
 - Y l'indicazione, mediante adeguati contrassegni, di tutti gli elementi (tubi-forma, gabbie d'armatura, pali, funi) allo scopo di effettuare i necessari controlli.

7.7. PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO

7.7.1. MATERIALI

L'ESECUTORE, fermo restando quanto previsto nel paragrafo 7.5 ("Oneri e Prescrizioni generali") della presente Sezione, deve intendere le prescrizioni che seguono, relativamente alle armature metalliche e ai conglomerati cementizi, come integrative di quelle della Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato. Queste ultime si intendono integralmente applicabili.

7.7.1.1. Armature metalliche

L'ESECUTORE può ricorrere alla saldatura (puntatura) delle staffe, delle spirali, o degli anelli irrigidenti ai ferri longitudinali, al fine di rendere le gabbie d'armatura in grado di sopportare le sollecitazioni di movimentazione; in questo caso L'ESECUTORE deve verificare che la saldatura non abbia indotto riduzioni di resistenza nelle barre, mediante l'esecuzione di prove a trazione su elementi sottoposti a saldatura. A tal fine L'ESECUTORE dovrà prelevare all'estremità delle gabbie 3 campioni di barra longitudinale con staffa/spirale (ogni 500 ml di gabbia) e ripristinare l'armatura aggiungendo barre e staffe/spirale con sovrapposizione di 40 diametri.

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- le armature siano pre-assemblate fuori opera in "gabbie";
- i collegamenti tra armatura longitudinale e trasversale siano ottenuti con doppia legatura in filo di ferro o con morsetti, o con saldatura - puntatura, e che le sporgenze ricadano sempre all'interno della gabbia senza intralciare l'inserimento del tubo getto;
- le armature elicoidali siano fissate solidamente a tutte le armature longitudinali intersecate e che l'interasse delle staffe ed il passo della spirale non sia superiore a 20 cm ed il diametro dei ferri non inferiore a 12 mm (Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario, par. 1.8.3.3);
- l'interasse fra le barre longitudinali non sia in alcun caso inferiore a 7,5 cm;
- sulle gabbie di armatura, nella fase di stoccaggio in cantiere, siano stati posizionati opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo di 4 cm rispetto al rivestimento definitivo o, nel caso di pali trivellati di grande diametro, di 6 cm rispetto al diametro nominale del foro;
- i distanziatori in plastica, al fine di garantire la solidarietà col calcestruzzo, abbiano la superficie forata per almeno il 25%;
- i distanziatori siano posti a gruppi di 3-4 regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di 2-3 m;
- l'armatura sia mantenuta in posizione senza essere poggiata sul fondo del foro, secondo la metodologia indicata nella relazione tecnico-operativa.

7.7.1.2. Rivestimenti metallici

L'ESECUTORE se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- la tipologia di rivestimento per ogni palo, nonché le caratteristiche geometriche del rivestimento stesso, sia provvisorio che definitivo, siano conformi alle prescrizioni di progetto;
- i tubi di rivestimento siano in acciaio, di qualità, forma e spessore tali da sopportare, senza danni o deformazioni, tutte le sollecitazioni agenti durante il trasporto, il sollevamento e l'infissione e tali da impedire distorsioni o collassi conseguenti alla pressione del terreno o alla infissione di palivicini;
- i rivestimenti definitivi dei pali infissi e gettati in opera siano chiusi alla base mediante una

piastra d'acciaio di spessore minimo di 8 mm, e comunque proporzionato al diametro del rivestimento. Tale piastra deve essere saldata per l'intera circonferenza al tubo di rivestimento in modo da resistere alle sollecitazioni di battitura e di ribattitura, evitare infiltrazioni di acqua e non avere sporgenze esterne. È ammesso l'impiego di rivestimenti a sezione variabile, con raccordi opportunamente saldati o flangiati.

Nel caso di tubo-forma estraibile, questo deve essere costituito da un cilindro chiuso inferiormente da un piattello metallico a perdere con un bordo che fa tenuta sul tubo impedendo l'ingresso all'interno di acqua o terreno.

Per pali di particolare lunghezza è ammessa la saldatura in opera di spezzoni di rivestimento, il primo dei quali già infisso. Gli eventuali altri spezzoni, nel corso della saldatura, saranno mantenuti in posizione fissa da un'adeguata attrezzatura di sostegno.

7.7.1.3. Conglomerati cementizi

Per i conglomerati cementizi l'ESECUTORE dovrà rispettare quanto prescritto dal progetto e dalla Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato e dovrà verificare, se non diversamente previsto, che la dimensione massima degli inerti, sia tale che $D_{max} < i_{min}/2,5$ dove i_{min} è il valore minimo del passo fra le barre longitudinali.

7.7.1.4. Fanghi per il sostegno dello scavo

Allo scopo di garantire il sostegno delle pareti dello scavo, durante l'esecuzione di pali trivellati tradizionali è consentito all'ESECUTORE l'uso di sostanze quali bentonite e/o polimeri che soddisfino i requisiti di accettazione previsti nella norma UNI EN 1536: "Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Pali trivellati".

7.7.2. MODALITÀ ESECUTIVE

7.7.2.1. Pali infissi

1.3.1.1.16. Pali infissi gettati in opera

a) Tecniche ed attrezzature per l'infissione del rivestimento

Nel caso di infissione mediante battitura l'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- l'infissione dei rivestimenti avvenga tramite battitura, senza estrazione di materiale, eventualmente mediante fasi intermedie, in conformità al progetto e/o alla relazione tecnico-operativa di cui al punto 7.5.1, approvata dalla DIREZIONE LAVORI;
- venga eseguito e registrato il conteggio dei colpi d'avanzamento: nel corso dell'infissione verrà conteggiato il numero di colpi per avanzamenti di 1 m;
- venga registrato il grafico dei colpi relativi agli ultimi 4 metri: in corrispondenza degli ultimi 4 m o più se richiesto dalla DIREZIONE LAVORI, si conterà il numero di colpi per l'infissione di tratte successive di 10 cm;
- venga registrato il tempo necessario per l'infissione;
- per i rivestimenti definitivi, nel caso di utilizzo di mandrino di acciaio questo sia inserito nel rivestimento;
- nel caso il mandrino sia espanso, questo sia mantenuto del tutto solidale al tubo-forma per l'intera durata dell'infissione, al termine della quale sarà estratto;
- l'inserimento del mandrino nel rivestimento sia eseguito, se necessario, con l'ausilio di un "palo-pozzo" di diametro superiore a quello dei pali di esercizio. Il "palo-pozzo" potrà essere trasformato in palo di esercizio, solo previa accettazione della DIREZIONE LAVORI.

Per l'espulsione del fondello posto ad occludere l'estremità inferiore, nel caso di tubo-forma

estraibile, è ammesso l'impiego di un pistone rigido di diametro pari a quello interno del tubo-forma collegato, tramite un'asta rigida, alla base della testa di battuta. È ammesso l'impiego di tubi-forma dotati di fondello incernierato recuperabile.

L'ESECUTORE dovrà verificare che l'infissione dei rivestimenti sia arrestata quando è soddisfatta una delle seguenti condizioni:

- raggiungimento della quota di progetto;
- rifiuto della battitura. Si intende raggiunto il rifiuto quando l'infissione corrispondente a 10 colpi di battipalo efficiente è inferiore a 2 cm.

In questo ultimo caso, la DIREZIONE LAVORI avrà facoltà di chiedere all'ESECUTORE la ribattitura del palo dopo 24 ore di attesa, se motivata da ragioni geotecniche particolari (es. forti sovrappressioni interstiziali).

L'ESECUTORE, previa comunicazione alla DIREZIONE LAVORI, potrà eseguire dei prefiori di guida all'infissione per evitare o ridurre i problemi di vibrazione o il danneggiamento di opere o pali già esistenti. Il prefioro avrà diametro massimo inferiore di almeno 20 mm rispetto a quello esterno della tubazione di rivestimento. Di norma la profondità sarà inferiore ai 2/3 della profondità del palo, e comunque tale da non raggiungere lo strato portante (se esistente). Il prefioro potrà anche essere richiesto per il raggiungimento delle quote di progetto nel caso di livelli superficiali molto addensati o cementati.

a.1) Vibro-infissione

Per quanto riguarda la vibro-infissione, ferme restando le prescrizioni per l'infissione del precedente paragrafo, L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che sia utilizzato un vibratore a masse eccentriche regolabili, a funzionamento idraulico o elettrico. Le caratteristiche del vibratore (momento di eccentricità, numero di vibrazioni per minuto, forza centrifuga all'avvio, ampiezza ed accelerazione del minimo) saranno verificate dall'ESECUTORE in relazione alle prestazioni da ottenere, a seguito di prove tecnologiche preliminari (campo prova su elementi sacrificali).

b) Armature

L'ESECUTORE, oltre a quanto richiesto nel paragrafo 7.6.1.1, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- prima del posizionamento delle gabbie d'armatura si abbia cura di rimuovere eventuali corpi estranei presenti nel cavo;
- l'eventuale presenza di acqua entro il tubo di rivestimento non superi il limite di 15 cm.

c) Getto del calcestruzzo

I conglomerati cementizi dovranno essere conformi a quanto prescritto dal progetto e rispondere ai requisiti richiesti nella Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato.

L'ESECUTORE, accertata la conformità alle prescrizioni riportate al paragrafo 7.5, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- nel caso di realizzazione di pali con utilizzo di morsa idraulica il mix del calcestruzzo sia opportunamente dimensionato al fine di garantire, nelle condizioni specifiche di temperatura, un ritardo della presa in relazione alla lunghezza del palo, per ovviare ad eventuali inconvenienti che potrebbero prolungare il tempo di estrazione del tubo forma; tali accorgimenti non dovranno modificare la resistenza finale del calcestruzzo;
- il getto sia effettuato ad iniziare dal fondo foro, utilizzando un tubo convogliatore metallico di diametro di 20-26 cm, in spezzoni di circa 3 m, dotato in sommità di una tramoggia di carico della capacità di almeno 0.5-0.6 mc e mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento;
- il getto del calcestruzzo avvenga impiegando il tubo di convogliamento (tubo-getto);

- l'interno del tubo-getto sia pulito, privo di irregolarità e strozzature. Le giunzioni tra sezione e sezione saranno del tipo filettato, senza manicotto (filettatura in spessore) o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2.0 cm; sono escluse le giunzioni a flangia;
- il tubo di convogliamento sia posto in opera arrestando il suo piede a 30÷60 cm dal fondo della perforazione; prima di iniziare il getto, è opportuno disporre entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo (ad es. in polistirolo, o costituito da un involucro di carta, riempito con materiale arido), in modo da provocare la caduta istantanea del primo calcestruzzo gettato, ed evitare azioni di contaminazione o dilavamento del calcestruzzo stesso;
- all'inizio del getto si disponga di un volume di calcestruzzo pari a quello del tubo getto e/o di almeno 3 ÷ 4 m di palo;
- le operazioni di getto avvengano senza soluzione di continuità; in particolare, per i pali di grande diametro, si prescrive una cadenza di getto non inferiore a 15 mc/ora;
- durante le operazioni di getto, al termine dello scarico di ogni betoniera, utilizzando uno scandaglio costituito da un grave metallico, del peso di circa 0,05 kN, di forma cilindrica con fondo piatto, corredato di un filo di sospensione metrato, sia verificata la quota di riempimento del palo al fine di avere un immediato raffronto fra la quota teorica e la quota raggiunta, per valutare eventuali dispersioni;
- nel corso del getto, il tubo di convogliamento sia accorciato per tratti successivi, sempre conservando un'immersione minima nel calcestruzzo, di 2.0 m. Per diametro del palo $\geq 1,2$ m l'immersione dovrà essere almeno di 2,5 m;
- la quota di fine getto sia portata ad almeno 0.5-1.0 m al di sopra della quota di progetto prevista per la testa palo (scapitozzatura).

c.1) Getto in presenza di tubo-forma estraibile

Per quanto riguarda il getto in presenza di tubo-forma estraibile, ferme restando le prescrizioni riportate nel paragrafo precedente, L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- prima di installare il tubo-getto sia eseguita un'ulteriore misura del fondo foro; qualora lo spessore del deposito superi i 20 cm si dovrà provvedere alle operazioni di pulizia mediante air-lifting;
- il getto sia eseguito provvedendo altresì alla contemporanea estrazione del tubo-forma provvisorio, la cui scarpa dovrà restare sotto un battente di calcestruzzo non inferiore a 2 m e non superiore a 5 m;
- ogni manovra di accorciamento del rivestimento esterno e del tubo convogliatore sia preceduta dalla misurazione della quota raggiunta dal calcestruzzo.

1.3.1.1.17. Pali infissi prefabbricati

a) Prefabbricazione dei pali

La prefabbricazione dei pali potrà avvenire in stabilimento di produzione o in cantiere. In entrambi i casi, L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- i pali siano realizzati con calcestruzzo di caratteristiche conformi alle prescrizioni riportate nella Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del Capitolato. La stagionatura potrà essere naturale in ambiente umido oppure a vapore; in ogni caso i pali dovranno raggiungere caratteristiche di resistenza alla compressione e all'urto tali da permetterne l'infissione nelle condizioni stratigrafiche del sito senza lesioni e rotture;
- nel caso di palificate da realizzare in ambienti aggressivi, qualora non previsto dal progetto,

siano adottati opportuni accorgimenti tra i quali la definizione di un idoneo mix-design del cls e/o l'incremento del copriferro; altri accorgimenti, quali ad esempio vernici protettive, rivestimenti autoprotetti per proteggere la superficie esterna del palo, dovranno essere sottoposti all'approvazione preliminare della DIREZIONE LAVORI.

b) Giunzione dei pali

Nel caso di pali di lunghezza superiore a 16 m, è ammesso il ricorso alla giunzione di 2 o più elementi. L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- il giunto sia costituito da un anello di acciaio con armatura longitudinale, solidale con ciascuno degli spezzoni di palo da unire;
- gli anelli vengano saldati fra loro e protetti con vernici bituminose o epossidiche.

c) Protezione della punta

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- la punta dei pali sia protetta con una puntazza metallica formata da un cono di lamiera con angolo al vertice di 60°, resa solidale al fusto del palo tramite spezzoni di tondino saldati alla puntazza ed annegati nel calcestruzzo. In terreni poco compatti, l'uso della puntazza potrà essere evitato;
- in terreni molto compatti, la puntazza sia rinforzata con massello di ghisa o sostituita con uno spezzone di profilato in acciaio a doppio T (nel caso di roccia).

d) Tecniche ed attrezzature per l'infissione del palo

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- nel caso di strati granulari addensati, in cui è stato concordato con la DIREZIONE LAVORI l'utilizzo di iniezioni d'acqua per facilitare l'infissione, la discesa del palo avvenga per peso proprio o con l'ausilio di una modesta battitura;
- le iniezioni d'acqua siano interrotte non appena superato lo strato granulare e comunque non oltre 2 m prima del raggiungimento della quota di progetto, e che le modalità, le pressioni e la portata del getto d'acqua siano comunicate alla DIREZIONE LAVORI;
- nel caso di esecuzione di prefori, al fine di ridurre le vibrazioni, o in alternativa all'uso delle iniezioni d'acqua, questi abbiano diametro inferiore di almeno 20 mm alla minima sezione del palo;
- il preforo non raggiunga lo strato portante, se esistente, e si fermi comunque almeno a 2/3 della profondità di progetto.
- l'infissione dei pali sia arrestata quando si registri il raggiungimento di una delle seguenti condizioni:

Y arrivo alla quota di progetto;

Y misurazione del rifiuto alla battitura (si intende raggiunto il rifiuto quanto l'infissione, corrispondente a 10 colpi di battipalo efficiente, è inferiore a 2 cm).

In quest'ultimo caso, la DIREZIONE LAVORI ha facoltà di chiedere all'ESECUTORE la ribattitura del palo dopo 24 ore di attesa, per tratti anche superiori a 0,5 m, se motivata da ragioni geotecniche particolari (es. forti sovrappressioni interstiziali).

7.7.2.2. Palitrivellati

1.3.1.1.18. Pali trivellati tradizionali

a) Tecniche ed attrezzature per la perforazione

Le tecniche di perforazione dovranno essere le più adatte in relazione alla natura del terreno attraversato; in particolare:

- la perforazione “a secco” senza rivestimento, di norma, non è ammessa; solo previa autorizzazione della DIREZIONE LAVORI, L’ESECUTORE potrà utilizzarla in caso di terreni fortemente cementati o argillosi caratterizzati da valori della coesione non drenata (c_u) che alla generica profondità di scavo (H) soddisfino la seguente condizione:

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

dove:

γ = peso dell’unità di volume del terreno

Per i terreni fortemente cementati il valore della coesione sarà determinato con prova di compressione semplice.

- la perforazione “a fango” non è ammessa in terreni molto aperti, privi di frazioni medio-fini, con passante ($D = 4$ mm) inferiore al 10 %.

1.3.1.1.19. *Pali trivellati con fanghi stabilizzanti*

a) Preparazione del fango stabilizzante

L’ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che il fango stabilizzante sia preparato ed utilizzato in accordo alle modalità indicate ai punti 7.6.1.4 della presente sezione.

b) Perforazione

L’ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- qualora in fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del calcestruzzo), sia interrotta la perforazione alcuni metri prima ed ultimata solo nell'imminenza del getto;
- in corrispondenza di ciascun palo sia infisso nel terreno un avampozzo provvisorio di lamiera d'acciaio con funzioni di guida dell'utensile, di riferimento per la posizione plano-altimetrica della sommità del palo o di difesa dall'erosione del terreno nelle fasi di immissione e risalita dell'utensile di perforazione. Tale avampozzo dovrà avere diametro e profondità adeguati in relazione alla natura dei terreni attraversati, alle loro caratteristiche idrogeologiche ed ai macchinari utilizzati;
- una volta raggiunte le profondità previste dal progetto, si provveda alla sostituzione del fango di perforazione fino al raggiungimento dei prescritti valori del contenuto in sabbia (vedi paragrafo 7.6.1.4), ed alla eventuale pulizia del fondo foro con gli utensili più adatti (es. clearing bucket o air-lifting);
- dopo aver raggiunto la quota prevista in progetto e immediatamente prima del getto, lo spessore dei depositi sul fondo non superi i 20 cm.

c) Armature

L’ESECUTORE, oltre a quanto richiesto nel paragrafo 7.6.1.1, se non diversamente previsto, dovrà verificare che, nel caso che il palo attraversi strati di sede in falda acquifera in movimento, con pericolo di dilavamento del calcestruzzo in fase di getto e di maturazione, in corrispondenza di questi strati la gabbia sia avvolta da una camicia tubolare di lamierino in acciaio di 8÷10 mm.

d) Getto del calcestruzzo

L’ESECUTORE, dopo aver accertato la conformità a quanto richiesto nel paragrafo 7.6.2.1.1 c, se non diversamente previsto, dovrà verificare che l'assorbimento reale di calcestruzzo non ecceda il valore teorico, riferito al diametro nominale del palo, in misura maggiore del 10÷20%.

1.3.1.1.20. *Pali trivellati con rivestimento provvisorio (tubo-forma estraibile)*

a) Infissione del tubo-forma e perforazione terreno

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- il tubo-forma sia costituito da tubi di acciaio, di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni connessi tra loro mediante manicotti esterni filettati o innesti speciali a baionetta, con risalti interni raccordati di spessore non superiore al 2% del diametro nominale. È ammessa la giunzione per saldatura degli spezzoni, purché non risultino varchi nel tubo che possano dar luogo all'ingresso di terreno o acqua;
- l'infissione della tubazione di rivestimento sia ottenuta imprimendole un movimento rototraslatorio mediante attrezzatura rotary e/o morsa azionata da comandi oleodinamici oppure, in terreni poco o mediamente addensati privi di elementi grossolani e prevalentemente non coesivi, applicandole in sommità un vibratore. In questo secondo caso la tubazione potrà essere suddivisa in spezzoni oppure potrà essere costituita da un unico pezzo di lunghezza pari alla profondità del palo;
- la perforazione da realizzarsi in presenza di trovanti, strati lapidei, murature esistenti, sia eseguita, per la sola parte interessata all'interno del tubo-forma, imprimendo un movimento rototraslatorio mediante una morsa azionata da comandi oleodinamici. Le caratteristiche dei martinetti e del circuito idraulico di funzionamento dovranno essere in grado di sviluppare spinta, momento torcente e serraggio della colonna, adeguati al diametro e alla lunghezza del palo da realizzare;
- l'infissione sotto-scarpa della colonna di rivestimento sia sufficiente ad evitare rifluimenti a fondo foro;
- la perforazione all'interno del tubo di rivestimento sia eseguita mediante:
 - Y benna automatica con comando a fune o azionata da motore oleodinamico;
 - Y secchione (bucket) manovrato da un'asta rigida telescopica;

in entrambi i casi si dovrà conseguire la disgregazione del terreno e l'estrazione dei detriti dal foro;

- la perforazione non sia approfondita al di sotto della parte terminale del tubo forma;
- nel caso di presenza di falda, il foro sia costantemente tenuto pieno d'acqua (o eventualmente di fango stabilizzante) con un livello non inferiore a quello della piezometrica della falda e lo scavo all'interno sia approfondito sino alla quota di progetto.

In terreni sabbiosi si potrà fare ricorso anche ad utensili disgregatori rotanti, con risalita dei detriti per trascinamento ad opera di una corrente ascendente di fango bentonitico.

b) Armature

L'ESECUTORE, dovrà rispettare le prescrizioni riportate al paragrafo 7.6.1.1 della presentesezione.

c) Getto del calcestruzzo

L'ESECUTORE, dovrà rispettare le prescrizioni riportate al paragrafo 7.6.2.1.1 c della presente sezione.

1.3.1.1.21. *Pali trivellati ad elica continua*

a) Tecniche ed attrezzature per la perforazione

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- si utilizzino escavatori equipaggiati con rotary a funzionamento idraulico o elettrico montato su asta di guida, e dotati di dispositivo di spinta;
- l'altezza della torre e le caratteristiche della rotary (coppia, spinta) siano commisurate alla profondità da raggiungere;
- la perforazione sia eseguita mediante una trivella ad elica continua, di lunghezza e diametro corrispondenti alle caratteristiche geometriche dei pali da realizzare;

- il macchinario di perforazione sia dotato di dispositivo automatico di registrazione in continuo del volume di calcestruzzo gettato in funzione della profondità e del diametro del palo;
- l'anima centrale dell'elica sia cava in modo da consentire il successivo passaggio del calcestruzzo;

- all'estremità inferiore dell'anima dell'elica sia posta una punta a perdere, avente lo scopo di impedire l'occlusione del condotto;
- la perforazione avvenga di norma regolando coppia e spinta in modo da avere condizioni di infissione prossime al perfetto avvitamento;
- il volume di terreno estratto per caricamento della trivella sia non superiore al volume teorico della perforazione;

Qualora si riscontrassero rallentamenti della perforazione in corrispondenza di livelli di terreno intermedi o dell'eventuale strato portante inferiore, l'ESECUTORE, con l'accordo della DIREZIONE LAVORI potrà eseguire prefori di diametro inferiore al diametro nominale dei pali allo scopo di agevolare la perforazione.

b) Getto del calcestruzzo

I conglomerati cementizi dovranno essere conformi a quanto prescritto dal progetto e rispondere ai requisiti richiesti nella Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato.

L'ESECUTORE dovrà sottoporre alla DIREZIONE LAVORI per l'approvazione le caratteristiche prestazionali del calcestruzzo, sia allo stato fresco che allo stato indurito; in ogni caso, la tecnica di posa in opera dell'armatura (a getto ultimato), richiede l'uso di un calcestruzzo che conservi per tutta la durata del riempimento del palo la classe di consistenza S4. L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- l'inizio del getto avvenga solo quando sia assicurata la fornitura del calcestruzzo necessario al completamento dell'intero palo. La cadenza di getto deve assicurare la continuità della colonna di conglomerato;
- il calcestruzzo venga pompato entro il cavo dell'asta di perforazione che verrà progressivamente estratta, di norma senza rotazione;
- l'estrazione dell'asta di trivellazione sia effettuata ad una velocità congruente con la portata di calcestruzzo pompato, adottando tutti gli accorgimenti necessari ad evitare sbulbature eccessive, ovvero a evitare interruzioni del getto;
- il circuito di alimentazione del getto sia provvisto di un manometro di misura della pressione;
- la pressione sia mantenuta costante entro l'intervallo di pressione previsto in relazione al tipo di terreno.

c) Armature

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- la gabbia di armatura sia costruita in conformità con il disegno di progetto e nel rispetto delle specifiche di cui al punto 7.6.1.1 del presente documento;
- siano adottati tutti gli accorgimenti atti ad assicurare il centramento della gabbia d'armatura entro la colonna di calcestruzzo appena formata e, se necessario, che la gabbia sia opportunamente irrigidita;
- l'inserimento della gabbia avvenga immediatamente dopo l'ultimazione del getto, prima che abbia inizio la presa.

Variazioni a tale metodologia dovranno essere approvate dalla DIREZIONE LAVORI.

1.3.1.1.22. Pali con morsa giracolonna

La perforazione necessaria all'esecuzione dei pali da realizzarsi in presenza di trovanti, strati lapidei, murature esistenti, etc., dovrà essere eseguita per la sola parte interessata all'interno di tubo forma provvisorio in acciaio infisso, con movimento rototraslatorio a mezzo di morsa giracolonna.

La tubazione dovrà essere costituita da tubi di acciaio, di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni lunghi da 2 a 2,5 m connessi tra loro mediante manicotti esterni filettati o innesti speciali a baionetta, con risalti interni raccordati di spessore non superiore al 2% del diametro nominale.

L'infissione della tubazione di rivestimento dovrà essere ottenuta imprimendo un movimento rototraslatorio mediante una morsa azionata da comandi oleodinamici.

La perforazione all'interno del tubo di rivestimento potrà essere eseguita mediante:

- benna automatica con comando a fune o azionata da motore oleodinamico;
 - secchione (bucket) manovrato da un'asta rigida telescopica;
- in entrambi i casi si dovrà conseguire la disgregazione del terreno e l'estrazione dei detriti dal foro.

In terreni sabbiosi si potrà fare ricorso anche ad utensili disgregatori rotanti, con risalita dei detriti per trascinamento ad opera di una corrente ascendente di fango bentonitico.

Nel caso di presenza di falda, il foro dovrà essere costantemente tenuto pieno di fango bentonitico con livello non inferiore a quello della piezometrica della falda.

In generale la perforazione non dovrà essere approfondita al di sotto della parte terminale del tubo forma.

7.8. MICROPALI

7.8.1. Tipologie

Si tratta di pali che hanno un piccolo diametro (diametro del fusto minore di 300 mm per pali trivellati e diametro del fusto o estensione della massima sezione trasversale non maggiore di 150 mm per pali infissi).

Le principali applicazioni secondo le scelte previste dal progetto sono riferibili a:

- opere di fondazioni speciali o sottofondazioni;
- opere di sostegno, paratie di micropali (berlinesi a sbalzo o tirantate);
- interventi di stabilizzazione di pendii o fronti di scavo in genere;
- sostegno di reti paramassi o cucitura di rocce fessurate.

Nella presente Sezione del Capitolato sono trattati i micropali utilizzati nelle opere di fondazione. Per gli altri casi sopra elencati si rimanda alla Sezione 10 "Opere di miglioramento, rinforzo e stabilizzazione" del presente Capitolato.

I micropali dal punto di vista esecutivo si suddividono in:

- micropali cementati mediante iniezioni multiple selettive; IRS: injection répétitive et sélective (tipo "Tubfix");
- micropali a semplice cementazione. IGU: injection globale unique (tipo "Radice").

7.8.1.1. Micropalicementati mediante iniezioni multiple selettive

Sono ottenuti attrezzando le perforazioni di piccolo diametro con tubi metallici dotati di valvole di non ritorno e connessi al terreno circostante mediante iniezioni cementizie eseguite a pressione e volumi controllati.

7.8.1.2. Micropali a semplice cementazione

Sono realizzati inserendo entro una perforazione di piccolo diametro un'armatura metallica e connessi al terreno mediante il getto di una malta o di una miscela cementizia.

L'armatura metallica (continua su tutta l'altezza) può essere costituita in genere:

- da un tubo senza saldature;
- da un profilato metallico della serie UNI a doppio piano di simmetria;
- da una gabbia di armatura costituita da ferri longitudinali correnti del tipo ad aderenza migliorata (a.m.), e da una staffatura esterna costituita da anelli o spirale continua in tondo a.m. o liscio.

La cementazione può avvenire a semplice gravità od a bassa pressione mediante un circuito a tenuta facente capo a un dispositivo posto a bocca foro.

7.8.2. MATERIALI

L'ESECUTORE, fermo restando quanto previsto dal paragrafo 7.5 ("Oneri e Prescrizioni generali") della presente sezione, deve intendere le prescrizioni che seguono, relativamente alle armature metalliche e ai conglomerati cementizi, come integrative di quelle della Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato, che si intendono integralmente applicabili.

L'armatura metallica è costituita da:

- Profilati cavi finiti a caldo conformi alla norma UNI EN 10210;
- Profilati cavi saldati formati a freddo conformi alla norma UNI EN 10219;
- Profilati metallici a doppio piano di simmetria conformi alla norma UNI EN 10025;
- Barre di armatura (eventualmente integrativa) conformi alla norma UNI EN 10080.

Le norme sopra richiamate sono esplicitate al capitolo 7.2 "Documentazione di Riferimento" della presente Sezione.

L'ESECUTORE dovrà effettuare almeno un prelievo per partita omogenea (colata) di tutti i profilati approvvigionati in cantiere al fine di verificarne le caratteristiche meccaniche in conformità a quanto richiesto dal progetto esecutivo approvato.

La DIREZIONE LAVORI potrà richiedere all'ESECUTORE diverse frequenze di prelievo del materiale in base all'importanza dell'opera.

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- le giunzioni siano realizzate a mezzo di manicotto filettato esterno;
- le caratteristiche delle giunzioni (filettatura, lunghezza, sezioni utili) consentano una trazione pari al 100% del carico a compressione di progetto allo SLE. È previsto un prelievo di tubazione giuntata, per fornitura omogenea, in modo da poter effettuare le prove di verifica a trazione;
- le valvole di iniezione, ove previste, siano 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 Φ 8 mm;
- i profilati siano costituiti da elementi unici;
- il mix relativo alle malte e miscele cementizie di iniezione sia preventivamente approvato dalla DIREZIONE LAVORI e contenga le prescrizioni relative a cemento, aggregati, acqua e additivi, in conformità a quanto contenuto nella Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato.

7.8.3. MODALITA' ESECUTIVE

7.8.3.1. Tecniche ed attrezzature per la perforazione

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, oltre al rispetto di quanto previsto al punto 7.5, dovrà verificare che:

- le perforazioni siano 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 consistano in:
 - Y acqua;
 - Y fanghi;
 - Y aria, nel caso di perforazione a rotopercolazione con martello a fondo foro o in altri casi proposti dall'ESECUTORE ed approvati dalla DIREZIONE LAVORI;
- sia comunicata alla DIREZIONE LAVORI l'adozione della perforazione senza rivestimenti, con impiego di fanghi stabilizzanti;
- la perforazione sia eseguita mediante sonda a rotazione o rotopercolazione, con rivestimento continuo e circolazione di fluidi, fino a raggiungere la profondità di progetto;
- per la circolazione del fluido di perforazione siano 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 rotopercolazione con martello a fondo foro si utilizzino compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:
 - Y portata > 10 mc /min;
 - Y pressione 8 bar.

La perforazione "a secco" senza rivestimento di norma non è ammessa; solo previa autorizzazione della DIREZIONE LAVORI, L'ESECUTORE potrà utilizzarla in caso di terreni fortemente cementati o argillosi caratterizzati da valori della coesione non drenata (c_u) che, alla generica profondità di scavo (H), soddisfino la seguente condizione:

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

dove:

γ = peso dell'unità di volume del terreno.

Per i terreni fortemente cementati il valore della coesione sarà determinato con prova di compressione semplice.

7.8.3.2. Micropalimenti mediante iniezioni multiple selettive

a) Allestimento del micropalo

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- completata la perforazione, si provveda a rimuovere i detriti presenti nel foro, o in sospensione nel fluido di perforazione, prolungando la circolazione del fluido stesso fino alla sua completa chiarificazione;
- venga quindi inserita l'armatura tubolare valvolata, munita di centratori, fino a raggiungere la profondità di progetto; sono preferibili i centratori non metallici;
- il tubo sia prolungato fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezione;

- si proceda immediatamente alla cementazione del micropalo (guaina);
- la messa in opera delle armature di frettaggio, ove previste, sia eseguita successivamente all'iniezione.

b) Formazione della guaina

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- non appena completata la messa in opera del tubo valvolato di armatura, si provveda immediatamente alla formazione della guaina cementizia, iniettando attraverso la valvola più profonda un quantitativo di miscela sufficiente a riempire l'intercapedine tra le pareti del foro e la parete esterna dell'armatura tubolare;
- contemporaneamente si proceda alla estrazione dei rivestimenti provvisori, quando utilizzati, e si effettuino i necessari rabbocchi di miscela cementizia;
- completata l'iniezione di guaina, si provveda a lavare con acqua il cavo interno del tubo di armatura.

c) Iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- trascorso un periodo di 12 - 24 ore (tempo in cui la miscela di guaina dovrà raggiungere la resistenza richiesta dal progetto esecutivo approvato) dalla formazione della guaina, si dia luogo alla esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio;
- si proceda valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione;
- la massima pressione di apertura delle valvole non superi il limite di 60 bar (6 MPa); in caso contrario la valvola deve essere abbandonata;
- ottenuta l'apertura della valvola, si dia luogo all'iniezione in pressione fino ad ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti dal progetto (per pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito);
- l'iniezione sia tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min, nel rispetto dei valori di progetto, e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage);
- i volumi di iniezione siano di norma non inferiori a tre volte il volume teorico del foro, e comunque conformi alle prescrizioni di progetto;
- nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione di rifiuto, la valvola sia nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12 - 24 ore;
- fino alla conclusione delle operazioni di iniezione, al termine di ogni fase si proceda al lavaggio interno del tubo d'armatura.

7.8.3.3. Micropali a semplice cementazione

1.3.1.1.23. *Riempimento a gravità*

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- il riempimento del foro, dopo la posa delle armature, avvenga tramite un tubo di alimentazione disceso fino a 10-15 cm dal fondo, collegato alla pompa di mandata o agli iniettori;
- nel caso si adotti una miscela contenente aggregati sabbiosi, ovvero con peso di volume superiore a quello degli eventuali fanghi di perforazione, il tubo convogliatore sia dotato superiormente di un imbuto o tramoggia di carico; si potrà anche procedere al getto attraverso l'armatura, se tubolare e di diametro interno > 80 mm;

- il riempimento sia proseguito fino a che la malta immessa risalga in superficie senza inclusioni o miscele con il fluido di perforazione;
- venga accertata la necessità o meno di effettuare rabbocchi, da eseguire preferibilmente tramite il tubo di convogliamento.

Nel caso di malta con aggregati fini o di miscela cementizia pura, senza aggregati, si potrà usare, per il getto, l'armatura tubolare solo se di diametro interno inferiore a 50 mm; in caso diverso si dovrà ricorrere ad un tubo di convogliamento separato con un diametro contenuto entro i limiti sopracitati.

1.3.1.1.24. *Riempimento a bassa pressione*

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- il foro sia interamente rivestito;
- la posa della malta o della miscela avvenga in un primo momento entro il rivestimento provvisorio tramite un tubo di convogliamento come descritto al paragrafo precedente;
- successivamente venga applicata 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 primagiunzione;
- si smonti la sezione superiore del rivestimento e si applichi la testa di pressione al tratto residuo di rivestimento, previo rabboccamento dall'alto per riportare a livello la malta;
- si proceda analogamente per le sezioni successive fino a completare l'estrazione del rivestimento.

7.9. CONTROLLI

I controlli da effettuare dopo la realizzazione e prima dell'utilizzo, per assicurare che i pali/micropali in esame diano le garanzie di resistenza e rispetto delle caratteristiche prestazionali richieste dal progetto esecutivo approvato, si distinguono in tre tipi:

- controlli di resistenza meccanica sotto carico;
- controlli di integrità mediante prove di ammettenza meccanica (solo per i pali);
- controlli di integrità mediante prove di controllo sonico (solo per i pali).

L'esecuzione di tutte le prove previste dovrà essere descritta dall'ESECUTORE preliminarmente nella relazione tecnico-operativa (vedi paragrafo 7.5.1).

L'ESECUTORE per ogni opera dovrà presentare alla DIREZIONE LAVORI, una relazione tecnica contenente il resoconto di tutte le prove eseguite in accordo alle prescrizioni riportate nel paragrafo 7.8.1d.

7.9.1. PROVE IN CORSO D'OPERA

Si definiscono prove in corso d'opera, le prove effettuate su pali e micropali della fondazione, dei quali non bisogna compromettere l'integrità; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (P_{max}) è $\geq 1,5$ volte l'azione di progetto P_r , utilizzata per le verifiche SLE (combinazione rara).

La finalità della prova in corso d'opera è quella di verificare che:

- non esistano gravi deficienze esecutive nel palo/micropalo;
- il palo/micropalo abbia un comportamento conforme alle previsioni progettuali sotto le azioni di progetto;
- non vi sia eccessiva disomogeneità di comportamento tra i pali/micropali di una stessa palificata.

a) Estensione delle prove

L'ESECUTORE dovrà effettuare per ogni opera, avente caratteristiche strutturali e geotecniche omogenee, prove di carico assiale sui pali e micropali di progetto adottando almeno le seguenti frequenze di prova:

- n. 1 prova se il numero di pali è inferiore o uguale a 20;
- n. 2 prove se il numero di pali è compreso tra 21 e 50;
- n. 3 se il numero di pali è compreso tra 51 e 100;
- n. 4 se il numero di pali è compreso tra 101 e 200;
- n. 5 se il numero di pali è compreso tra 201 e 500;
- il numero intero più prossimo al valore $5 + n/500$, se il numero n di pali è superiore a 500.

È consentito ridurre il numero di prove statiche minimo sopra indicato fino al limite dell'1% dei pali realizzati, con un minimo di 2. In tale caso deve essere garantita l'effettuazione delle prove cross-hole sul 100% delle predisposizioni, ferme restando le rimanenti prescrizioni di cui al paragrafo 6.4.3.7.2 del D.M Infrastrutture 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni".

L'individuazione dei pali/micropali da sottoporre a prova sarà sempre concordata con la DIREZIONE LAVORI, la quale, in considerazione dell'omogeneità dei terreni in cui è ubicato il lotto di pali/micropali e dei risultati delle eventuali prove a carico limite eseguite per pali/micropali dello stesso diametro, potrà modificare la scelta dei pali/micropali da sottoporre a prova di carico.

b) Attività preliminari alle prove

Prima della prova l'ESECUTORE dovrà verificare, in accordo con le relative prescrizioni contenute nella presente sezione, e con quanto preliminarmente approvato dalla DIREZIONE LAVORI (vedi paragrafo 7.5), che concorrano le seguenti condizioni:

- corretta predisposizione della testa del palo/micropalo;
- corretta disposizione dei dispositivi per l'applicazione e la misura del carico.

All'atto della prova l'ESECUTORE dovrà poi controllare la corretta applicazione del carico, in accordo con la documentazione presentata ed approvata dalla DIREZIONE LAVORI e con quanto specificato nella presente sezione.

c) Modalità di prova

L'ESECUTORE eseguirà tutte le prove di carico sui pali/micropali in accordo con tutte le prescrizioni richiamate nelle norme di riferimento indicate al capitolo 7.2 e al paragrafo 7.7.1.

Salvo diverse indicazioni di progetto le prove di carico statico dovranno essere eseguite effettuando n.2 cicli di carico-scarico, raggiungendo nel primo ciclo il carico assiale pari all'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE (combinazione rara) e nel secondo ciclo il carico massimo di prova, ovvero il medesimo carico assiale moltiplicato per 1,5 volte. Le modalità di applicazione del carico dovranno essere effettuate mediante incrementi e decrementi graduali in accordo con le indicazioni della DIREZIONE LAVORI.

d) Resoconto delle prove

Alla fine delle prove l'ESECUTORE dovrà redigere una scheda che contenga, per ogni palo/micropalo, i seguenti dati:

- il numero di identificazione del palo rispetto alla planimetria (vedi paragrafo 7.5.1) e le caratteristiche nominali del palo (lunghezza, diametro);
- la stratigrafia del terreno rilevata durante la perforazione (pali trivellati);
- le caratteristiche della prova (dispositivo di contrasto, travi portamicrometri, carico applicato);

- la disposizione, le caratteristiche ed i certificati di taratura della strumentazione;
- la scheda tecnica del palo, redatta all'atto dell'esecuzione;
- l'ora di esecuzione delle varie operazioni di prova;
- la temperatura riscontrata all'atto delle prove;
- il tempo progressivo di applicazione del carico;
- le corrispondenti misurazioni di ogni comparatore e i relativi valori medi;
- le note e le eventuali osservazioni;
- le tabelle ed i diagrammi completi delle letture tempo-carico-cedimento con le indicazioni dei singoli comparatori e la loro media aritmetica; ⁽¹⁾
- interpretazione dei risultati della prova in relazione ai valori di progetto.

7.9.2. PROVE SUPALISTRUMENTATI

Quando richiesto dal progettista, le prove di carico assiali, oltre che di definire la curva carico-cedimento alla testa del palo, avranno lo scopo di valutare l'entità e la distribuzione del carico assiale e la curva di mobilitazione dell'attrito lungo il palo. Pertanto dovranno essere predisposte preliminarmente una serie di sezioni strumentate nel fusto e alla base del palo stesso, in conformità alle indicazioni di progetto.

In tale circostanza, previa approvazione da parte della DIREZIONE LAVORI, il massimo carico assiale di prova potrà essere posto pari a 1,2 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE.

7.9.3. PROVE DI CONTROLLO SONICO

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, per le attrezzature, i dispositivi e le metodologie di prova, dovrà verificare la conformità con quanto di seguito descritto.

Le prove di controllo sonico consistono in:

- carotaggio sonico;
- prove cross-hole.

7.9.3.1. Carotaggio sonico

1.3.1.1.25. *Descrizione della prova*

Il metodo di prova consiste nella esecuzione di un carotaggio nel palo già eseguito e nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo circostante, seguendo un percorso parallelo all'asse del palo.

La sonda sonica è composta da un elemento emettitore ed uno ricevitore, distanziati normalmente di 0,50 m in verticale.

1.3.1.1.26. *Frequenza di esecuzione*

La DIREZIONE LAVORI potrà richiedere l'esecuzione di carotaggi meccanici, verticali o comunque inclinati, per l'esecuzione di prove soniche. In tal caso le prove potranno essere richieste fino al limite del 5% dei pali realizzati. Nel caso di anomalie o risultati non soddisfacenti, il numero di prove potrà essere aumentato a giudizio della DIREZIONE LAVORI. I fori eseguiti per i suddetti carotaggi dovranno essere reintegrati con iniezioni di malta di cemento di adeguata densità ed addizionata con additivo anti-ritiro in modo da ottenere la completa cementazione dei fori stessi.

¹Sono richieste anche le fotocopie chiaramente leggibili della documentazione originale di cantiere ("verbale").

La sonda viene fatta scorrere all'interno del foro ad intervalli regolari di profondità, almeno ogni 5 cm; l'elemento emettitore genera un impulso che raggiunge il ricevitore dopo essersi propagato nel calcestruzzo.

Il risultato delle misure è una diagrafica a "densità variabile" che visualizza lo stato di integrità oppure la presenza di anomalie del calcestruzzo.

1.3.1.1.27. *Modalità di esecuzione*

A giudizio della DIREZIONE LAVORI, in alternativa alla prova come sopra descritta, si potrà procedere a prove del tipo vibrazionale eseguite dalla testa del palo.

1.3.1.1.28. *Documentazione della prova*

L'esito delle prove sarà registrato in una apposita scheda in cui saranno indicati, per ogni palo:

- dati identificativi del palo rispetto alla planimetria (vedi paragrafo 7.5);
- l'ora di esecuzione delle varie operazioni di prova;
- la temperatura riscontrata all'atto delle prove;
- il tipo di sonda sonica impiegata ed i relativi certificati di taratura;
- le misurazioni effettuate ad ogni avanzamento della sonda;
- il diagramma completo con tutte le misurazioni in funzione degli avanzamenti;

7.9.3.2. Prove cross-hole

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, per le attrezzature, i dispositivi e le metodologie di prova, dovrà verificare la conformità con quanto di seguito descritto.

1.3.1.1.29. *Descrizione della prova*

Le misure di cross-hole sonico (impulso su percorso orizzontale) consistono nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo interposto tra tubi di misura.

Per l'esecuzione della prova è necessario aver predisposto tre tubi (solidali alla gabbia d'armatura) all'interno del palo prima dell'esecuzione del getto (per i pali trivellati ad elica continua, i tre tubi dovranno essere comunque solidali alla gabbia d'armatura e calati nel foro subito dopo il getto).

1.3.1.1.30. *Frequenza delle prove*

L'ESECUTORE dovrà predisporre, prima dell'esecuzione del getto e secondo le indicazioni della DIREZIONE LAVORI, il 30% dei pali non in alveo per l'effettuazione del controllo dell'esecuzione con il metodo "cross hole". Per i pali in alveo e in zone golenali questa predisposizione dovrà essere estesa al 100% dei pali.

L'attrezzaggio dovrà essere eseguito mediante la predisposizione di almeno tre tubazioni metalliche o in PVC a 120° preassemblate sull'armatura del palo, aventi diametro interno non inferiore ad 1 pollice e mezzo. L'utilizzo di tubazioni in PVC è subordinato all'approvazione della DIREZIONE LAVORI.

Prima dell'esecuzione della prova i tubi devono essere riempiti con acqua dolce.

La prova dovrà essere eseguita sui pali indicati dalla DIREZIONE LAVORI, e dovrà riguardare 1/3 dei pali predisposti. Nel caso di anomalie o risultati non soddisfacenti il numero di prove potrà essere aumentato a giudizio della DIREZIONE LAVORI.

In uno dei fori predisposti viene introdotta la sonda emettitrice, nell'altro quella ricevente. Le due sonde vengono contemporaneamente fatte scorrere all'interno dei due tubi; ad intervalli regolari di profondità la sonda emettitrice genera un impulso sonico che raggiunge l'altra sonda dopo aver attraversato il calcestruzzo. L'esito delle prove sarà registrato con strumentazioni digitali.

1.3.1.1.31. *Documentazione della prova*

Vedi paragrafo 7.8.3.1.4

7.9.4. PROVE DI AMMETTENZA MECCANICA (TRANSIENT DYNAMIC RESPONSE TEST)

L'ESECUTORE se non diversamente previsto, per le attrezzature, i dispositivi e le metodologie di prova, dovrà verificare la conformità con quanto di seguito descritto.

Le prove di ammettenza meccanica, anche dette ecometriche, potranno essere eseguite, a discrezione della DIREZIONE LAVORI, su pali non sottoposti ad altra prova (a meno di quelle necessarie per le correlazioni con i risultati dei cross hole) ed aventi caratteristiche (dimensioni, materiali, terreno, ecc.) identiche a quelle di pali assoggettati alla prova di carico assiale. Lo scopo è verificare, in modo non distruttivo, la profondità e l'eventuale presenza di difetti lungo l'altezza dei pali.

7.9.5. Descrizione della prova

Il principio su cui si basano le prove ecometriche, è quello dell'analisi della propagazione delle onde elastiche all'interno di un mezzo continuo. Il palo viene messo in vibrazione da una forza impulsiva assiale esercitata mediante l'impiego di un semplice martello. L'onda di compressione generata dal colpo del martello sull'estremità superiore del palo si propaga verso il basso all'interno del palo stesso; giunta alla base in assenza di discontinuità, l'onda subisce una parziale riflessione verso l'alto ed alla testa del palo essa è rilevata da un geofono.

7.9.6. Modalità di esecuzione

Il palo deve essere preparato mediante spianamento e regolarizzazione della testa; lo spessore della malta deve essere non superiore a 5 cm.

Nel caso di impiego di eccitatore a masse eccentriche, occorre inserire nella testa del palo dei tirafondi di ancoraggio.

Vengono inseriti i dati riguardanti il palo da investigare e si impostano i fattori di elaborazione del segnale (filtri, amplificazione del segnale, velocità di propagazione, ecc.). Il sensore (geofono), collegato alla centralina, viene posto a contatto con la testa del palo da investigare, e con il martello si batte un colpo. L'onda d'urto prodotta e la risposta del palo vengono registrati ed elaborati dalla centralina elettronica e quindi visualizzati sul display.

L'eccitazione dinamica può essere ottenuta anche mediante un eccitatore a masse eccentriche, in grado di applicare una forza oscillante secondo una sinusoide di frequenza nota, variabile in genere da 20 a 100Hz.

La risposta fornisce un "riflessogramma" mediante la cui analisi si diagnostica la presenza di eventuali difetti nel palo e la sua lunghezza.

7.9.7. Documentazione della prova

Oltre a quanto indicato al paragrafo 7.8.3.1.4 e ai dati generali identificativi del palo e delle condizioni di esecuzione della prova, devono essere riportati nella documentazione tutti i diagrammi e i risultati delle misure effettuate.

7.10. TOLLERANZE DI COSTRUZIONE

7.10.1. OBIETTIVI

Il presente paragrafo indica i valori delle tolleranze di costruzione ritenute significative per stabilire l'accettazione di opere/parti d'opera realizzate dall'Esecutore.

Il rispetto delle tolleranze indicate significa conformità dell'opera al progetto.

Valori riscontrati eccedenti i limiti di seguito indicati comportano l'apertura di non conformità e il relativo trattamento (demolizione, rilavorazione, riparazione, accettazione tal quale con eventuale detrazione o deprezzamento).

7.10.2. DEFINIZIONI

- Tolleranza: intervallo entro il quale deve essere compreso il valore effettivo di un certo parametro per ritenere il manufatto conforme e remunerabile secondo contratto.
- Valore teorico: valore di un parametro indicato in progetto.
- Valore effettivo: valore del parametro richiesto misurato sul manufatto costruito.
- Precisione: minima entità della misura che si deve essere in grado di rilevare, ovvero livello di apprezzamento strumentale.
- Valore nominale: prescrizione contrattuale (progetto, capitolato).

7.10.3. MODALITÀ DI LETTURA

Le tolleranze non sono cumulative. In caso di più di una indicazione, è sempre vincolante quella più restrittiva.

Una tolleranza positiva (+) aumenta il valore o la dimensione alla quale essa è applicata o alza la quota di un livello.

Una tolleranza negativa (-) diminuisce il valore o la dimensione alla quale essa è applicata o abbassa la quota di un livello.

Una tolleranza priva di segno è da intendersi positiva (+) e negativa (-).

Ove è precisata una tolleranza con un singolo segno positivo (+) o negativo (-) non esiste limite nel campo restante.

Nella colonna "ulteriore limitazione" viene indicato il limite massimo della tolleranza ammessa in valore assoluto.

Tabella 7.9.1:Tolleranze

OGGETTO DEL CONTROLLO	DESCRIZIONE PARAMETRO DI CONTROLLO		UNITA' DI MISURA	PRECISIONE	VALORE NOMINALE	TOLLERANZA		ULTERIORI LIMITAZIONI	
1- PALO TRIVELLATO	1.1	Coordinate planimetriche centro palo (generico)	mm	5	di progetto	10% Φ		75	
	1.2	Coordinate planimetriche centro palo (paratia di pali)	mm	5	di progetto	5% Φ		50	
	1.3	Verticalità (palo in gruppo, completamente interrato)	%	0.4	0	2			
	1.4	Verticalità (paratia di pali)	%	0.4	0	1			
	1.5	Inclinazione (palo inclinato)	%	0.4	di progetto	4			
	1.6	Lunghezza "L" palo	mm	20	di progetto	L/100			
	1.7	Diametro " Φ " palo finito	mm	5	di progetto	-2% Φ	+5% Φ		
	1.8	Quota testa palo	mm	10	di progetto	50			
	1.9	Interasse "i" staffe palo	mm	5	di progetto	-20% i	+10% i		
	1.10	Copriferro armatura metallica palo	mm	1	60	-10			
	1.11	Spessore lamierino di protezione	mm	0.1	di progetto	-0.5			
2- MICROPALO	2.1	Coordinate planimetriche centro micropalo	mm	5	di progetto	10% Φ		20	
	2.2	Verticalità micropalo	%	0.4	0	2			
	2.3	Direzione asse micropalo (inclinato)	%	1/250	di progetto	4			
	2.4	Lunghezza micropalo	mm	10	di progetto	L/100			
	2.5	Diametro " Φ " micropalo finito	mm	5	di progetto	-2% Φ	+5% Φ		
	2.6	Quota testa palo	mm	10	di progetto	50			
3-PALO BATTUTO IN CLS	3.1	Dimensione sezione retta	mm	1	di progetto	-1	6		
	3.2	Deviazione dalla linearità (misurata su 3 m di lunghezza)	mm	1	0	6			
	3.3	Distanza del centro di una generica sezione retta, dalla linea retta congiungente i centri delle due sezioni estreme (distanti "L")	mm	1	0	L/500	L/500		

PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE

8.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Tecnico delle Opere Civili.

8.1.1 CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione del capitolato si applica alle seguenti tipologie di paratie:

- Pali accostati/secanti
- Diaframmi in c.a.
- Palancolate metalliche ed in c.a. prefabbricate.

L'utilizzo di palancole in acciaio è limitato alle sole opere provvisorie; per opere permanenti si farà ricorso a diaframmi in c.a. o paratie di pali, sempre in c.a.

Per la tipologia di paratia di micropali accostati si rimanda alla Sezione "Opere di Miglioramento, Rinforzo e Stabilizzazione" del presente Capitolato.

Si precisa che per le possibili modalità di gestione dei materiali di risulta relativi alla realizzazione delle opere di cui alla presente sezione in qualità di sottoprodotti e/o in qualità di rifiuti, si rimanda ai documenti specialistici di riferimento (progetto e documenti contrattuali) nonché a quanto disciplinato dalla normativa ambientale vigente (D.Lgs. 152/06 e s.m.i., D.P.R. 13 giugno 2017 n.120, D.M. 05/02/98 e s.m.i., D.M. 27/09/2010 aggiornato con il D.M. 24/06/2015, etc.).

8.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo.

Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento. Costituiscono oggetto di riferimento normativo, da intendersi non esaustivo. In ogni caso viene considerata valida l'edizione della norma vigente al momento del ritiro dei documenti di gara, nonché l'eventuale aggiornamento intercorso a valle di questo purché concordato tra le parti; in caso di discordanza tra diverse normative, vale l'interpretazione più favorevole per FERROVIENORD.

8.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- D.M. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare 02 febbraio 2009 n° 617/ C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008" per quanto non in contrasto con il D.M. 17 gennaio 2018
- D.Lgs.03 aprile 2006 n° 152 "Norme in materia ambientale"
- UNI EN 1536:2015 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Palitrivellati"
- UNI EN 1537:2013 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Tiranti diancoraggio"
- UNI EN 1538:2015 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Diaframmi"
- UNI EN 10248-1:1997 "Palancole laminate a caldo di acciai non legati – Condizioni tecniche di fornitura"
- UNI EN 10248-2:1997 "Palancole laminate a caldo di acciai non legati – Tolleranze dimensionali e di forma"

- UNI EN 10249-1:1997 “Palancole profilate a freddo di acciai non legati – Condizioni tecniche di fornitura”
- UNI EN 10249-2:1997 “Palancole profilate a freddo di acciai non legati – Tolleranze dimensionali e di forma”
- UNI EN 12063:2002 “Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Palancole”

8.3 NORMATIVA FERROVIARIA

- Normative Europee (EURONORME)
- Normative ISO
- Norme tecniche nazionali e linee guida, francesi e italiane

8.4 DEFINIZIONI

Contratto: contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l'acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l'esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla stazione appaltante;

Direzione lavori: ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali;

Direttore dei lavori: soggetto che ha la responsabilità del coordinamento e della supervisione dell'attività di tutto l'ufficio di direzione dei lavori, ed interloquisce in via esclusiva con l'esecutore in merito agli aspetti tecnici ed economici del contratto. Cura che i lavori siano eseguiti a regola d'arte ed in conformità al progetto e al contratto.

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale)

FERROVIE: FERROVIENORD S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di FERROVIENORD S.p.A. (Direzione Lavori, Alta sorveglianza)

Prova: forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni delle FERROVIE.

Pali accostati/secanti: elementi di paratia (o di fondazione) realizzati dalla superficie secondo le specifiche di costruzione dei pali di cui alla Sezione “Pali e micropali” del presente Capitolato. Possono essere affiancati o secanti secondo gli interassi di progetto (in una o più file).

Diaframmi: elementi di paratia o di fondazione, realizzati dalla superficie sostituendo il terreno con un conglomerato cementizio armato. Lo scavo ed il getto sono di solito eseguiti per elementi singoli (pannelli).

Palancole: elemento di una paratia realizzato mediante l'infissione nel terreno di profilati metallici i cui bordi longitudinali sono sagomati in modo da realizzare un'opportuna guida all'infissione e una tenuta dell'elemento adiacente, oppure da elementi in c.a. rinforzati in punta mediante taglienti in acciaio di adeguati spessori e forme, in relazione al tipo di terreno attraversato.

8.5 ABBREVIAZIONI

PVC: Cloruro Polivinile

SLE: Stati Limite di Esercizio

8.6 ONERIE PRESCRIZIONI GENERALI

L'ESECUTORE, fermo restando quanto previsto dalle “Disposizioni generali” del presente Capitolato, che devono intendersi totalmente richiamate, se non diversamente prescritto, dovrà:

- verificare che le prescrizioni indicate al par.7.5 della Sezione “Pali e micropali” del presente

Capitolato siano tutte soddisfatte, intendendo riferito ad ogni singolo pannello quanto previsto per il palo/micropalo;

- presentare alla DIREZIONE LAVORI una relazione con il progetto del campo prova (ove questo sia previsto dal progetto) di cui al successivo punto 8.5.1, in cui siano indicati la stratigrafia dell'area, le attrezzature utilizzate e la planimetria con ubicati gli elementi di paratia (nel caso non sia previsto il campo prova tali informazioni devono confluire nella relazione di cui al punto successivo);
- presentare alla DIREZIONE LAVORI insieme alla relazione tecnica finale del campo prova una relazione tecnico – operativa, così come indicato al paragrafo 7.5.1 della Sezione “Pali e micropali” del presente Capitolato, che dovrà pertanto contenere:

Y una planimetria riportante la posizione di tutti gli elementi di paratia, (con indicazione di quelli da attrezzare con una specifica strumentazione di prova), contrassegnati da un numero progressivo indicativo di ciascun elemento; le date ed il programma delle prove dovranno essere altresì comunicati a FERROVIENORD con almeno 7 giorni di anticipo sulle date di inizio;

Y il programma di esecuzione delle opere, nel quale sia indicata la successione cronologica prevista per tutti gli elementi di paratia;

Y tutte le caratteristiche delle attrezzature, gli utensili e le modalità di scavo previste, in modo da assicurare il raggiungimento delle profondità di progetto, l'attraversamento di strati di terreno lapidei o cementati, l'eventuale ammorsamento nel sub-strato roccioso, la rimozione di massi di scogliere, trovanti, materiali metallici o altro che possa ostacolare la costruzione. Inoltre nella relazione andranno descritte le modalità e le attrezzature necessarie all'infissione delle palancole;

- provvedere a tutte le operazioni preliminari, quali la formazione di piazzole di lavoro nonché la costruzione e la successiva demolizione dei cordoli di guida;
- rimuovere tutte le palancole e segnalare preventivamente alla DIREZIONE LAVORI quelle che non potranno a qualsiasi titolo essere recuperate;
- verificare (e documentare) tutte le caratteristiche e funzionalità dei fanghi utilizzati per il sostegno dello scavo;
- ripristinare qualunque perdita di fango stabilizzante e segnalare alla DIREZIONE LAVORI l'eventuale maggior impiego di calcestruzzo conseguente alla rimozione dei suddetti eventuali ostacoli o al ritrovamento di cavità.

8.6.1 CAMPO PROVA

Prima dell'inizio delle lavorazioni dovrà essere eseguito, ove previsto dal progetto, un idoneo campo prova “fuori opera” per verificare la funzionalità delle attrezzature e delle metodologie operative. Dovranno essere realizzati o infissi almeno 3 elementi di paratia.

Nel caso di pannelli o pali, questi dovranno essere tutti attrezzati con tubi idonei per l'esecuzione di prove soniche; nel caso in cui sia previsto il contatto fisico tra tutti i pannelli, le prove dovranno interessare anche il giunto.

Le gabbie di armatura dovranno essere attrezzate con tubi inclinometrici, (4 per i pannelli e 2 per i pali) per la verifica della loro verticalità.

Le scanalature dei tubi inclinometrici dovranno essere parallele agli assi principali del pannello.

La lettura inclinometrica dovrà essere eseguita sulle 4 guide con sonda biassiale e prima di queste dovranno essere eseguite le opportune misure di spiralatura.

8.7 MATERIALI

8.7.1 ARMATURE E CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Per quanto concerne le caratteristiche delle armature e dei conglomerati cementizi, si rimanda alle prescrizioni di cui alla Sezione “Opere in Conglomerato Cementizio” e alla Sezione “Pali e micropali” del presente Capitolato.

8.7.2 FANGHI STABILIZZANTI

Allo scopo di garantire il sostegno delle pareti dello scavo, durante l’esecuzione dei diaframmi/pali l’ESECUTORE dovrà utilizzare fluidi di supporto rappresentati da sospensione di bentonite che soddisfino i requisiti di accettazione previsti nella norma EN 1538 e EN 1536 e richiamati nella seguente tabella.

In condizioni normali la sospensione dovrà rispettare le seguenti caratteristiche:

Tabella 8.6.1

PROPRIETA'	STADI		
	Fresca	Pronta per il riutilizzo	Prima della posa in opera del calcestruzzo
Densità in g/ml	< 1,10	<1,25	<1,15
Valore Marsh in sec	da 32 a 50	da 32 a 60	da 32 a 50
pH	da 7 a 11	da 5 a 12	n.a.*
Contenuto in sabbia in %	n.a.*	n.a.*	<4
Strato di fango dovuto alla filtrazione (filtercake) in mm	<3	<6	n.a.*

* n.a.: non applicabile

In condizioni particolari (alta permeabilità, cavità, alti livelli piezometrici, ecc.) i valori della precedente tabella potranno essere modificati.

In questo caso dovrà essere presentata una relazione tecnica alla DIREZIONE LAVORI in cui siano indicate le nuove caratteristiche della sospensione.

Le soluzioni polimeriche, possibilmente con aggiunta di bentonite, potranno essere utilizzate come fluidi di supporto dopo autorizzazione della DIREZIONE LAVORI, comunque solo in presenza di terreni coesivi previa presentazione di uno studio idoneo e l’esecuzione di prove in sito su scala naturale.

8.7.3 PALANCOLE METALLICHE

Le palancole devono essere conformi alle seguenti norme:

UNI EN 10248-1, UNI EN 10248-2, UNI EN 10249-1, UNI EN 10249-2.

8.8 MODALITA' ESECUTIVE

8.8.1 PARATIE DI PALI

Per le modalità esecutive dei pali si rimanda alla Sezione 7 “Pali e micropali” del presente Capitolato.

8.8.2 DIAFRAMMI

8.8.2.1. Prescrizioni generali

L'ESECUTORE fermo restando quanto previsto dal paragrafo 8.5 ("Oneri e Prescrizioni generali"), se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- nell'esecuzione dei diaframmi siano adottati tutti gli accorgimenti necessari a realizzare l'opera conformemente ai requisiti progettuali, in particolare per quanto riguarda il rispetto della verticalità, la complanarità e l'impermeabilità dei giunti;
- lo scavo sia eseguito con l'ausilio di idonea strumentazione in grado di verificare le eventuali deviazioni rispetto alla verticalità, nonché la rotazione della benna;
- lo scavo di un pannello non sia iniziato prima che il calcestruzzo del pannello o dei pannelli adiacenti abbia raggiunto una resistenza sufficiente ad impedire eventuali danni ai pannelli realizzati;
- qualora in fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del calcestruzzo), sarà necessario interrompere la perforazione alcuni metri prima ed ultimarla solo nell'imminenza del getto;
- qualora sia previsto dal progetto il contatto fisico tra i pannelli, la sequenza da realizzare deve essere prevista secondo lo schema: costruzione pannelli primari – successiva costruzione pannelli secondari. Non è pertanto consentita la realizzazione in successione progressiva di pannelli di paratia adiacenti.

La perforazione "a secco", senza impiego di fanghi di stabilizzazione, non è di norma ammessa; in casi particolari potrà essere adottata, previa approvazione di FERROVIE, solo in terreni fortemente cementati o argillosi caratterizzati da valori della coesione non drenata c_u (cu) che alla generica profondità di scavo H soddisfino la seguente condizione

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

dove:

γ = peso dell'unità di volume del terreno; per i terreni fortemente cementati il valore della coesione sarà determinato con prova di compressione semplice.

La perforazione "a fango" in terreni molto aperti, privi di frazioni medio-fini ($D_{10} > 4$ mm), può richiedere l'esecuzione preliminare di bonifiche o intasamenti.

La tenuta idraulica fra i diversi pannelli, ove richiesto dal progetto, dovrà essere ottenuta mediante idonei giunti da realizzare nelle posizioni di minor sollecitazione.

8.8.2.2. Piani di lavoro

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà verificare che:

- le attrezzature di perforazione e di servizio operino da un piano di lavoro preventivamente realizzato, in modo da evitare variazioni di assetto delle attrezzature durante il loro funzionamento;
- la quota dei piani di lavoro sia posta almeno 3,0 m sopra la massima quota dei livelli piezometrici della falda acquifera presente nel terreno. Qualora per il livello di falda non si possa rispettare tale franco, dovranno essere utilizzati fluidi di supporto che garantiscano lo stesso grado di sicurezza. In questo caso dovrà essere presentata alla DIREZIONE LAVORI una relazione tecnica specifica comprensiva di tutti i dettagli di cui al punto 8.6.2.

8.8.2.3. Cordoli guida

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà verificare che:

- gli assi longitudinali dei diaframmi siano materializzati mediante coppie di cordoli-guida

(corree), paralleli e contrapposti;

- la distanza netta tra i muri guida sia dai 20 mm ai 50 mm più grande dello spessore di progetto del diaframma (UNI EN 1538);
- la parte superiore dei cordoli guida sia orizzontale ed abbia la stessa elevazione su entrambi i lati della trincea;
- i cordoli siano realizzati in conglomerato cementizio armato e siano adeguatamente marcati con chiodi e strisce di vernice in corrispondenza degli estremi di ciascun pannello di diaframma da eseguire;
- lo spessore dei cordoli sia minimo di 0.35 m, con una profondità compresa tra 0.7 m e 1.5 m a seconda delle condizioni del terreno; l'armatura sia continua (UNI EN 1538);
- nella realizzazione dei cordoli si abbia cura di posizionare con precisione le casserature, in modo da ottenere che la linea mediana delle corree non si discosti dalla posizione planimetrica del diaframma in misura superiore alla tolleranza ammessa.

8.8.2.4. Perforazione

Prima dell'inizio dei lavori l'ESECUTORE deve trasmettere alla DIREZIONE LAVORI una planimetria con indicati i pannelli numerati, e la sequenza di esecuzione degli stessi.

Per la perforazione l'ESECUTORE utilizzerà la tecnologia di scavo prevista dal progetto:

- scavo con benna mordente;
- scavo con idrofresa.

1.3.1.1.32. Scavo con benna mordente

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà:

- eseguire lo scavo con benna mordente in presenza di fango stabilizzante;
- far posizionare topograficamente un picchetto ben visibile e solidale con il cordolo indicante il centro pannello;
- installare nella parte superiore del corpo benna una dima o carter (con lunghezza > di 1 m) avente le stesse dimensioni della massima apertura della benna;
- utilizzare idonea strumentazione per la verifica della profondità di scavo, delle deviazioni e delle rotazioni, e registrare la deviazione finale cumulata. A fine scavo questi parametri registrati dovranno essere consegnati alla DIREZIONE LAVORI;
- nel caso di uso di benne mordenti con aste di guida tipo Kelly verificare, ad inizio perforazione, la loro verticalità;
- nel caso di superamento della deviazione ammessa, che sarà progressiva in funzione della profondità secondo il criterio esposto nel capitolo 8.9 – Tolleranze di costruzione, intraprendere tutte le azioni necessarie per il recupero della verticalità. Nello scavo dei pannelli adiacenti (pannelli secondari) si dovrà avere cura di pulire, mediante opportuni raschiatori, le superfici laterali dei pannelli primari. I raschiatori dovranno essere utilizzati a fine perforazione, fissandoli rigidamente sull'utensile discavo;
- durante la perforazione, far mantenere il livello del fango costantemente al di sopra della base del cordolo guida. Nel caso di improvviso franamento, con o senza perdita di fango stabilizzante, lo scavo dovrà essere immediatamente riempito con un volume supplementare di fluido di supporto, possibilmente contenente materiali sigillanti, o con calcestruzzo magro che sarà scavato successivamente;
- durante l'esecuzione dello scavo prendere tutti gli accorgimenti ragionevoli al fine di prevenire la fuoriuscita del fango stabilizzante al di là delle immediate vicinanze della zona di scavo;
- al termine della perforazione procedere all'accurata rimozione dei detriti rimasti sul fondo nonché alla sostituzione parziale o totale del fango per ricondurlo alle caratteristiche prescritte per l'esecuzione del getto, come indicato al paragrafo 8.6.2 della presente sezione. Al termine della perforazione dovrà essere verificato il contenuto in sabbia del fluido di supporto; il valore

dovrà essere registrato così come il tempo necessario a ricondurlo ai limiti previsti nella tabella del punto 8.6.2.

1.3.1.1.33. *Scavo con idrofresa*

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà verificare che:

- nelle prime fasi di scavo sia previsto l'utilizzo della benna mordente, almeno fino al raggiungimento della profondità necessaria per il funzionamento della pompa di circolazione del fango incorporata nell'idrofresa. La seconda attrezzatura (idrofresa) sia impiegata in successione, per profondità di scavo superiori, fino al raggiungimento della quota di progetto;
- sia registrata la deviazione rispetto alla verticalità;
- periodicamente siano verificate e registrate le caratteristiche della sospensione;
- sia registrata la velocità di avanzamento e il valore della coppia delle frese.

8.8.2.5. Dispositivi per la formazione dei giunti

L'ESECUTORE, nel caso il progetto preveda la formazione dei giunti tramite tubi-spalla o palancole, dovrà verificare che:

- si abbia cura di pulire adeguatamente i tubi-spalla o palancole prima del loro impiego;
- i tubi-spalla siano messi in opera, controllandone la verticalità con sistemi ottici, non appena completata la perforazione, e per tutta la profondità del pannello;
- ad avvenuta presa del getto si provveda alla loro rimozione, utilizzando un opportuno estrattore a morsa idraulica; se necessario, la superficie del tubo-spalla potrà essere preventivamente trattata con vernici disarmanti.

Nel caso di utilizzo di tubi in PVC posti in opera solidarizzandoli con l'armatura, questi dovranno essere rotti con apposito strumento.

Nello scavo dei pannelli adiacenti (pannelli secondari) si abbia cura di pulire con estrema cura l'impronta lasciata dal tubo-spalla, mediante opportuni raschiatori, la cui forma è ricalcata su quella del tubo spalla utilizzato. I raschiatori dovranno essere utilizzati a fine perforazione, fissandoli rigidamente sull'utensile di scavo.

Qualora sia utilizzata l'idrofresa, l'ESECUTORE potrà realizzare i giunti senza impiego dei tubi-spalla, provvedendo ad alesare i pannelli primari già gettati.

8.8.2.6. Armature

L'ESECUTORE, oltre a quanto richiesto nel paragrafo 8.6.1, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà verificare che:

- sulle gabbie di armatura siano posizionati opportuni distanziatori non metallici a sezione cilindrica atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo finale di 6 cm;
- i distanziatori in plastica, al fine di garantire la solidarietà col calcestruzzo, abbiano la superficie forata per almeno il 25%. I distanziatori saranno posizionati sul perimetro del pannello a distanza di circa 3 metri. Ulteriori distanziatori saranno posizionati sulla faccia del pannello in modo tale che la spaziatura degli stessi, sia in orizzontale che in verticale, sia non superiore a 3 metri;
- qualora sia prevista la tirantatura del pannello, siano posizionati nell'armatura dei tubi guida, aventi diametro maggiore della perforazione necessaria per la posa in opera del tirante, passanti in tutto lo spessore del pannello medesimo. Le relative cassette, nelle quali posizionare le piastre di ripartizione del tirante, dovranno essere predisposte con l'inclinazione prevista dal progetto;
- l'armatura sia nella posizione progettuale prevista, misurando le coordinate planimetriche di almeno due spigoli contrapposti (certificazione topografica);
- per la verifica della verticalità dell'armatura siano eseguite prove sui tubi inclinometrici installati. Prima dell'esecuzione della lettura inclinometrica dovrà essere eseguita la misura di spiratura.

La lettura sarà effettuata con sonda biassiale con letture coniugate sulle 4 guide.

8.8.2.7. Getto del calcestruzzo

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà verificare che:

- prima del getto i valori del contenuto in sabbia rientrino nel limite previsto nella tabella del punto 8.6.2;
- il getto del calcestruzzo avvenga impiegando il tubo di convogliamento. Esso dovrà essere costituito da sezioni avente diametro interno $20 \div 26$ cm. L'interno del tubo dovrà essere pulito, privo di irregolarità e strozzature;
- le giunzioni tra sezione e sezione del tubo getto siano del tipo filettato, senza manicotto (filettatura in spessore) o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2,0 cm; sono escluse le giunzioni a flangia;
- il tubo sia provvisto, all'estremità superiore, di una tramoggia di carico avente una capacità di almeno 0,5- 0,6 mc e sia mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento;
- prima di installare il tubo getto sia eseguita un'ulteriore misura del fondo foro; qualora lo spessore del deposito superi i 20 cm si provveda all'estrazione della gabbia d'armatura e alle operazioni di pulizia;
- il tubo di convogliamento sia posto in opera arrestando il suo piede a $30 \div 60$ cm dal fondo della perforazione; prima di iniziare il getto, è opportuno disporre entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo (ad es. in polistirolo, o costituito da un involucro di carta, riempito con materiale arido), in modo da provocare la caduta istantanea del primo calcestruzzo gettato, ed evitare azioni di contaminazione o dilavamento del calcestruzzo stesso;
- durante il getto il tubo convogliatore sia opportunamente manovrato per un'ampiezza di $20 \div 30$ cm, in modo da favorire l'uscita e la risalita del calcestruzzo;
- previa verifica del livello raggiunto, utilizzando uno scandaglio metallico a fondo piatto, il tubo di convogliamento sia accorciato per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando un'immersione minima nel calcestruzzo di 2,5 m e massima di 6 m;
- la misura del livello raggiunto sia registrata e riportata su una scheda che sarà consegnata alla DIREZIONE LAVORI;
- all'inizio del getto si disponga di un volume di calcestruzzo pari a quello del tubo di getto e di almeno 4 m di pannello. È prescritta una cadenza di getto non inferiore a 25 mc/ora;
- il getto di un pannello sia completato in un tempo tale che il calcestruzzo rimanga sempre lavorabile nella zona di rifluimento;
- in presenza di pannelli di lunghezza superiore a 4 m, o forma tale da richiedere l'impiego di due o più tubi getto al fine di limitare la distanza orizzontale che il calcestruzzo deve percorrere, questi siano alimentati in modo sincrono per assicurare la risalita uniforme del calcestruzzo;
- per nessuna ragione il getto sia sospeso prima del totale riempimento del pannello. A pannello riempito il getto sia proseguito fino alla completa espulsione del calcestruzzo contaminato dal fango stabilizzante. Qualora la misura della risalita del calcestruzzo evidenzii valori anomali, ne dovrà essere data evidenza nella scheda da consegnare alla DIREZIONE LAVORI e dovranno essere evidenziate le azioni da intraprendere:

Y nel caso di risalite maggiori dovranno essere sviluppate prove per verificare che il copriferro sia quello previsto e non ci siano stati franamenti del terreno che possano aver interrotto la continuità del calcestruzzo.

Y Nel caso di assorbimenti maggiori del 10 % del calcestruzzo previsto dovrà essere verificato, analizzando le schede di perforazione, che non ci siano stati franamenti durante lo scavo del pannello. Qualora il maggior volume sia indice di cavità che possono rappresentare un pericolo per la sicurezza delle lavorazioni, queste dovranno essere sospese e dovrà essere eseguita un'indagine di dettaglio (carotaggi, tomografie sismiche ad alta risoluzione con onde di compressione e di taglio, ecc.) per la comprensione del fenomeno avvenuto e per il progetto degli interventi di messa in sicurezza.

8.8.3 PALANCOLATI

8.8.3.1. Prescrizioni generali

L'ESECUTORE fermo restando quanto previsto dal paragrafo 8.5 ("Oneri e Prescrizioni generali"), se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- nella realizzazione dei palancolati provvisori e definitivi vengano adottati tutti i provvedimenti necessari perché l'opera abbia, senza eccezioni, i requisiti progettuali, in particolare per quanto riguarda la verticalità, la complanarità ed il mutuo incastro degli elementi costitutivi, la capacità di resistere ai carichi di progetto;
- l'attrezzatura d'infissione e di estrazione abbia caratteristiche conformi allo scopo di assicurare il raggiungimento della profondità d'infissione richiesta nel contesto stratigrafico locale e la possibilità di estrazione degli elementi non definitivi;
- lo stoccaggio e la movimentazione delle palancole in cantiere siano conformi a quanto indicato nella norma UNI EN 12063.

8.8.3.2. Infissione

L'ESECUTORE, prima dell'inizio della infissione, dovrà comunicare alla DIREZIONE LAVORI il programma cronologico di infissione per tutte le palancole.

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

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

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

In caso di qualsiasi anomalia rilevata nel corso dell'infissione e comunque nel caso di mancato raggiungimento della prevista quota finale, sia nel caso di infissione per battitura che per vibrazione, l'ESECUTORE dovrà dare immediata informazione alla DIREZIONE LAVORI e concordare con la stessa gli interventi da eseguire.

8.8.3.3. Estrazione

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

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

8.9 CONTROLLI FINALI

Sono previste le seguenti tipologie di prove:

- Prove di carico
 - Y assiale (non distruttiva): con carichi di prova $P_{max} \geq 1,5$ volte l'azione di progetto P_r , utilizzata per le verifiche SLE (combinazione rara);
 - Y laterale (non distruttiva): lo sviluppo di tale prova può essere eseguito anche su pannelli strumentati secondo quanto eventualmente previsto dal progetto.
- Prova sonica
- Controllo della verticalità, da eseguirsi con l'ausilio di tubi inclinometrici annegati nel getto di calcestruzzo, secondo le prescrizioni di progetto.

Le prove di carico assiali verranno eseguite solo per gli elementi di paratia soggetti ad azioni

prevalentemente verticali. In particolare nel caso di paratie di pali, realizzati con pali contigui, si precisa che l'ESECUTORE dovrà sottoporre a prova di carico statico assiale singoli pali nel caso di pali tangenti, o più pali nel caso di pali secanti, qualora questi siano in progetto "assimilati a pali di fondazione" ed effettivamente soggetti ad azioni assiali verticali (associate ai soli carichi accidentali) tali da ricondurre il tasso di lavoro del materiale (calcestruzzo del palo) ad un valore superiore ad 1 MPa. Le prove di carico relative ai diaframmi saranno espressamente indicate dal progetto.

Le prove dovranno essere riportate nella documentazione di controllo, in accordo alle modalità e prescrizioni che seguono.

Per quanto riguarda le prove soniche, la loro frequenza dovrà rispettare quanto riportato nella seguente tabella:

Tabella 8.8.1

Prova sonica (cross-hole). Non prima di 28 gg. dal getto	Vengono attrezzati tutti i pannelli ed eseguite prove su almeno 1/3 di questi a scelta della DIREZIONE LAVORI.
---	--

In presenza di risultati non soddisfacenti delle prove cross-hole si dovrà sviluppare un piano di indagini specifiche sui pannelli (carotaggi meccanici, ulteriori indagini, etc..), che dovrà essere presentato sotto forma di relazione e approvato dalla DIREZIONE LAVORI. I risultati della campagna di indagine dovranno fornire gli elementi per la stesura finale della relazione che individuerà gli interventi necessari per la risoluzione della anomalia riscontrata.

Tutti i diaframmi da sottoporre a prove dovranno essere concordati con la DIREZIONE LAVORI.

8.9.1 PROVE DI CONTROLLO SONICO

Si tratta di controlli basati su prove soniche, la cui esecuzione richiede che i pannelli siano attrezzati con tubazioni metalliche/pvc poste ai quattro vertici del pannello stesso, annegate nel getto di calcestruzzo.

L'ESECUTORE dovrà attrezzare con tubi tutti i diaframmi; il 10% dei pannelli sarà attrezzato con tubi inclinometrici solidali all'armatura idonei anche per l'esecuzione delle prove cross-hole.

Le prove verranno eseguite non prima di 28 giorni dal termine delle operazioni di getto su 1/3 dei pannelli attrezzati, a scelta della DIREZIONE LAVORI.

Data la forma geometrica rettangolare della sezione dei pannelli, le prove di controllo sonico saranno eseguite con la metodologia "cross-hole".

Per il controllo dei giunti, laddove progettualmente deve essere garantita la continuità, dovranno essere eseguite prove cross-hole anche tra i tubi di pannelli contigui.

Per quanto concerne le prove di controllo sonico su pali si rimanda al paragrafo 7.8.3 del presente Capitolato

8.9.1.1. Modalità di prova

Il numero dei tubi e delle prove sarà definito dall'ESECUTORE e comunicato alla DIREZIONE LAVORI, in base anche alle dimensioni del pannello. Le misure di cross-hole (impulso su percorso orizzontale) sonico consistono nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo interposto tra i tubi di misura.

Prima dell'esecuzione della prova i tubi devono essere riempiti con acqua dolce.

I tubi sono utilizzati a coppie; in uno viene introdotta la sonda emettitrice, nell'altro (o negli altri) quella ricevente.

Le due sonde vengono contemporaneamente fatte scorrere all'interno dei due tubi, ad intervalli regolari di profondità, la sonda emettitrice genera un impulso sonico che raggiunge l'altra sonda

dopo aver attraversato il calcestruzzo.

Le misure debbono essere eseguite almeno ogni 10 cm di avanzamento delle sonde nelle tubazioni predisposte.

Il segnale sonico modula il pennello elettronico di un oscilloscopio la cui traccia sincronizzata sull'istante di emissione, viene fatta traslare della stessa quantità ad ogni emissione di impulso.

L'esito delle prove sarà registrato con strumentazione digitale.

Nel caso si individuassero anomalie, le misure saranno ripetute con le sonde a quote diverse tra loro, al fine di stabilire se l'anomalia riscontrata è dovuta ad un piano di discontinuità oppure è provocata da cavità o inclusioni nel getto di calcestruzzo.

8.9.1.2. Documentazione dell'approva

L'esito delle prove soniche sarà registrato in una apposita scheda in cui saranno indicati, per ogni pannello:

- i dati identificativi del pannello rispetto alla planimetria;
- la data di esecuzione delle varie operazioni di prova;
- il tipo di sonda sonica impiegata;
- le registrazioni digitali effettuate ad ogni avanzamento della sonda nonché le rappresentazioni grafiche dei parametri registrati.

8.10 TOLLERANZE DI COSTRUZIONE

8.10.1 OBIETTIVI

Il presente capitolo indica i valori delle tolleranze di costruzione ritenute significative per stabilire l'accettazione di opere/parti d'opera realizzate dall'Esecutore.

Valori riscontrati, eccedenti i limiti indicati, comportano l'apertura di non conformità e il relativo trattamento (demolizione, rilavorazione, riparazione, accettazione tal quale con eventuale detrazione o deprezzamento).

8.10.2 DEFINIZIONI

- Valore teorico: il valore di un parametro indicato in progetto;
- Valore effettivo: il valore del parametro richiesto misurato sul manufatto costruito;
- Tolleranza: intervallo entro il quale deve essere compreso il valore effettivo di un certo parametro per ritenere il manufatto conforme e remunerabile secondo contratto;
- Precisione: minima entità della misura che si deve essere in grado di rilevare, ovvero livello di apprezzamento strumentale.
- Valore nominale: prescrizione contrattuale (progetto, capitolato)

8.10.3 TOLLERANZE DI COSTRUZIONE: MODALITÀ DI LETTURA

Le tolleranze non sono cumulative. In caso di più di una indicazione, è sempre vincolante quella più restrittiva. Con precisione della misura viene indicato il livello di apprezzamento (strumentale) della grandezza.

Una tolleranza positiva (+) aumenta il valore o la dimensione alla quale essa è applicata o alza la quota di un livello.

Una tolleranza negativa (-) diminuisce il valore o la dimensione alla quale essa è applicata o abbassa la quota di un livello.

Una tolleranza priva di segno è da intendersi positiva (+) e negativa (-).

Ove è precisata una tolleranza con un singolo segno positivo (+) o negativo (-) non esiste limite nel

campo restante.

Tabella 8.10.1:
Tolleranze

OGGETTO DEL CONTROLLO	DESCRIZIONE PARAMETRO DI CONTROLLO		UNITA' DI MISURA	PRECISIONE	VALORE NOMINALE	TOLLERANZA	
1 - DIAFRAMMI	1.1	Posizionamento planimetrico cordoli guida	mm	5	di progetto	20	
	1.2	Posizionamento altimetrico cordoli guida	mm	2	di progetto	20	
	1.3	Profondità "L" diaframma	mm	2	di progetto	+L/100	
	1.4	Verticalità diaframma (generico)	%	0.4	di progetto	0.5	
	1.5	Verticalità diaframma (realizzato con idrofresa)	%	0.4	di progetto	0.4	
	1.6	Copriferro armatura metallica	mm	1	60	-10	
	1.7	Passo di posizionamento	mm	10	30	+100	
2 - PALANCOLATI	2.1	Posizionamento planimetrico palancolato	mm	5	di progetto	50	
	2.2	Profondità d'infissione palancolato	mm	5	di progetto	50	

Relativamente ai diaframmi l'Esecutore dovrà verificarne la verticalità rispettando il seguente schema:

- 1) controllo con applicazione della tolleranza suddetta complessivamente su un primo tratto di 10 m di profondità (quindi con un delta di ± 5 cm in tale fascia);
- 2) controllo progressivo del gradiente di deviazione con applicazione della tolleranza suddetta metro per metro, per il restante tratto di pannello in profondità (quindi con un delta di ± 0.5 cm per ogni metro di avanzamento).

Per quanto riguarda i valori di tolleranze sulle paratie di pali, si deve fare riferimento a quanto specificato alla Sezione "Pali e micropali" del presente Capitolato.

SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI

13.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Tecnico delle Opere Civili.

La presente sezione del capitolato ha per scopo la definizione delle modalità operative per l'esecuzione e per il controllo delle lavorazioni relative alla realizzazione delle pavimentazioni stradali e del sub-ballast ferroviario. In particolare sono fornite le prescrizioni per l'esecuzione dei lavori relativi a:

- pavimentazioni per interporti;
- pavimentazioni stradali;
- pavimentazione di opere stradali accessorie;
- sub-ballast ferroviario.

Si precisa che, nel rispetto dei principi generali di tutela ambientale, la gestione dei materiali di risulta e dei materiali da utilizzare per l'esecuzione delle lavorazioni oggetto del presente Capitolato potrà essere assoggettata ai disposti normativi per la gestione degli stessi in qualità di rifiuti o in esclusione dal regime dei rifiuti, per i quali si rimanda ai documenti specialistici di riferimento (progetto e documenti contrattuali) nonché a quanto disciplinato dalla normativa ambientale vigente (D.Lgs. 152/06 e s.m.i., D.P.R. 13 giugno 2017, n.120 D.M. 161/2012, L. 98/2013, D.M. 05/02/98 e s.m.i., D.M. 27/09/2010 aggiornato con il D.M. 24/06/2015, etc.).

13.1.1. CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione di capitolato si applica per la realizzazione delle pavimentazioni per interporti, pavimentazioni stradali e di opere stradali accessorie, nonché nella realizzazione del sub-ballast ferroviario.

13.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

13.2.1. NORMATIVA NAZIONALE

- Legge 05 novembre 1971, n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche"
- Legge 4 agosto 1984, n. 464 "Norme per agevolare l'acquisizione da parte del Servizio geologico della Direzione generale delle miniere del Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, di elementi di conoscenza relativi alla struttura geologica e geofisica del sottosuolo nazionale"
- D.lgs. 30 aprile 1992, n. 285 "Nuovo codice della strada"
- D.P.R. 16 dicembre 1992, n. 495 "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada"
- D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246 "Regolamento di attuazione della Direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione"
- Legge 21 dicembre 2001, n. 443 "Delega al Governo in materia di infrastrutture ed insediamenti produttivi strategici ed altri interventi per il rilancio delle attività produttive (legge obiettivo)"

- D.P.R. 06 giugno 2001, n. 380 “Testo unico per l’edilizia”
- D.lgs. 18 aprile 2016, n. 50 “Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull’aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d’appalto degli enti erogatori nei settori dell’acqua, dell’energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture.” e s.m.i.
- D.P.R. 13 giugno 2017, n. 120
- D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”
- Circolare 02 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008” per quanto non in contrasto con il D.M. 17 gennaio 2018
- D.M. Infrastrutture e Trasporti 16 novembre 2009 “Applicazione della Direttiva n. 89/106/CE sui prodotti da costruzione recepita con DPR 21/04/1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità di aggregati”
- D.P.R. 05 ottobre 2010, n. 207 “Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE”

13.2.2. NORMATIVA TECNICA Aggregati

- UNI EN 932-1/1998 “Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati. Metodi di campionamento”
- UNI EN 932-2/2000 “Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati - Metodi per la riduzione dei campioni di laboratorio”
- UNI EN 932-3/2004 “Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata”
- UNI EN 933-1/2012 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Determinazione della distribuzione granulometrica per staccatura”
- UNI EN 933-2/1997 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Determinazione della distribuzione granulometrica - Stacci di controllo, dimensioni nominali delle aperture”
- UNI EN 933-3/2012 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Determinazione della forma dei granuli - Indice di appiattimento”
- UNI EN 933-4/2008 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - determinazione della forma dei granuli - Indice di forma”
- UNI EN 933-5/2006 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Determinazione della percentuale di superfici frantumate negli aggregati grossi”
- UNI EN 933-7/2000 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Determinazione del contenuto di conchiglie - Percentuale di conchiglie negli aggregati grossi”
- UNI EN 933-8/2015 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Valutazione dei fini - Prova dell’equivalente in sabbia”
- UNI EN 933-9/2013 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Valutazione dei fini - Prova del blu di metilene”
- UNI EN 933-10/2009 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 10: Valutazione dei fini - Granulometria dei filler (setacciatura a getto d’aria)”
- UNI EN 1097-2/2010 “Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione”

- UNI EN 1097-3/1999 “Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione della massa volumica in mucchio e dei vuoti intergranulari”
- UNI EN 1097-6/2013 “Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua”
- UNI EN 1097-7/2008 “Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione della massa volumica del filler - Metodo con picnometro”
- UNI EN 1097-8/2009 “Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 8: Determinazione del valore di levigabilità”
- UNI EN 1367-1/2007 “Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati
- Determinazione della resistenza al gelo e disgelo”
- UNI EN 1367-3/2002 “Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati
- Prova di bollitura per basalto "Sonnenbrand"”
- UNI EN 1744-1/2013 “Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati - Analisi chimica”
- UNI EN 1926/2007 “Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale”
- UNI EN 1936/2007 “Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione delle masse volumiche reale e apparente e della porosità totale e aperta”
- UNI 11531-1/2014 “Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture. Criteri per l'impiego dei materiali. Parte-1 Terre e miscele di aggregati non legati”
- UNI EN 12370/2001 “Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza alla cristallizzazione dei sali”
- UNI EN 12371/2010 “Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza al gelo
- UNI EN 13043/2004 Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico”
- UNI EN 13055/2016 “Aggregati leggeri”
- UNI EN 13179-1/2013 “Prove sugli aggregati complementari (filler) usati nelle miscele bituminose - Prova con anello e biglia”
- UNI EN 13242/2008 “Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade”
- UNI EN 13286-2/2010 “Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 2: Metodi di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Costipamento Proctor”
- UNI EN 13286-47/2012 “Miscele non legate e legate con leganti idraulici: Metodo di prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR, dell'indice di portanza immediata e del rigonfiamento
- UNI EN 13755/2008 “Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione dell'assorbimento d'acqua a pressione atmosferica”
- UNI CEN ISO/TS 17892-10/2005 “Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 10: Prove di taglio diretto”
- CNR UNI 10014/1964 “Prove sulle terre. Determinazione dei limiti di consistenza (o di Atterberg) di una terra”
- CNR B.U. n. 9/67 “Determinazione del modulo di deformazione di un sottofondo, di uno strato di fondazione o di uno strato di base”
- CNR B.U. n. 22/72 “Peso specifico apparente di una terra in sito”
- CNR B.U. n. 69/78 “Norme sui materiali stradali. Prova di costipamento di una terra”
- CNR B.U. n. 137/92 “Norme sugli aggregati. Determinazione del coefficiente di imbibizione”

- CNR B.U. n. 139/92 “Norme sugli aggregati: criteri e requisiti di accettazione degli aggregati impiegati nelle sovrastrutture stradali”
- CNR B.U. n. 146/92 “Determinazione dei moduli di deformazione Md e Md’ mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare”

Leganti idraulici

- UNI EN 197-1/2011 “Cemento - Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni.”
- UNI EN 197-2/2014 “Cemento - Valutazione della conformità”
- UNI EN 459-1/2015 “Calci da costruzione - Definizioni, specifiche e criteri di conformità”
- UNI ENV 13282 “Leganti idraulici per impieghi stradali - Composizione, specificazioni e criteri di conformità”
- UNI EN 14227-5/2013 “Miscele legate con leganti idraulici - Specifiche - Parte 5: Miscele legate con
leganti idraulici per strade”
- UNI EN 14227-13/2006 “Miscele legate con leganti idraulici - Specifiche - Parte 13: Terra trattata con legante idraulico per strade”
- ISO/DIS 7031 - Penetrazione all’acqua -

Leganti bituminosi

- UNI EN 58/2012 “Bitume e leganti bituminosi - Campionamento di leganti bituminosi”
- UNI EN 1425/2013 “Bitume e leganti bituminosi - Caratterizzazione delle proprietà sensoriali”
- UNI EN 1426/2015 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della penetrazione con ago
- UNI EN 1427/2015 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del punto di rammollimento - Metodo biglia e anello”
- UNI EN 1428/2012 “Bitume e leganti bituminosi - Determinazione del contenuto di acqua nelle emulsioni bituminose - Metodo di distillazione azeotropica”
- UNI EN 1429/2013 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del residuo alla setacciatura di emulsioni bituminose e determinazione della stabilità allo stoccaggio per setacciatura”
- UNI EN 1430/2009 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della polarità delle particelle delle emulsioni bituminose”
- UNI EN 1431/2018 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione mediante distillazione del legante recuperato e degli oli flussanti nelle emulsioni bituminose”
- UNI EN 12591/2009 “Bitumi e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali”
- UNI EN 12592/2007 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della solubilità”
- UNI EN 12593/2015 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del punto di rottura secondo il metodo Fraass”
- UNI EN 12594/2015 “Bitumi e leganti bituminosi - Preparazione dei campioni di prova”
- UNI EN 12595/2015 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della viscosità cinematica”
- UNI EN 12596/2007 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della viscosità dinamica con capillare sotto vuoto”
- UNI EN 12597/2014 “Bitume e leganti bituminosi – Terminologia”
- UNI EN 12606-1/2015 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del contenuto di paraffina - Parte 1/ Metodo per distillazione”
- UNI EN 12606-2/2001 “Bitume e leganti bituminosi - Determinazione del contenuto di paraffina - Metodo per estrazione”
- UNI EN 12607-1/2014 “Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della resistenza

- all'indurimento per effetto del calore e dell'aria - Parte 1: Metodo RTFOT"
- UNI EN 12607-2:2015 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della resistenza all'indurimento per effetto del calore e dell'aria - Parte 2: Metodo TFOT"
 - UNI EN 12607-3/2015 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della resistenza all'indurimento per effetto del calore e dell'aria - Parte 3: Metodo RFT"
 - UNI EN 12846-1/2011 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del tempo di efflusso con viscosimetro ad efflusso - Parte 1: Emulsioni bituminose"
 - UNI EN 12847/2009 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della tendenza alla sedimentazione di emulsioni bituminose"
 - UNI EN 12848/2009 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della stabilità alla miscelazione con cemento delle emulsioni bituminose"
 - UNI EN 12849/2009 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del potere di penetrazione delle emulsioni bituminose"
 - UNI EN 12850/2009 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del valore di pH delle emulsioni bituminose"
 - UNI EN 13302/2018 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della viscosità dinamica di un legante bituminoso utilizzando un viscosimetro rotante"
 - UNI EN 13304/2009 "Bitumi e leganti bituminosi - Quadro di riferimento per la specifica dei bitumi ossidati"
 - UNI EN 13305/2009 "Bitumi e leganti bituminosi - Quadro di riferimento per la specifica dei bitumi industriali duri"
 - UNI EN 13075-1/2017 "Bitume e leganti bituminosi - Determinazione del comportamento alla rottura - Parte 1/ Determinazione dell'indice di rottura di emulsioni bituminose cationiche, metodo del filler minerale"
 - UNI EN 13075-2/2017 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del comportamento alla rottura - Parte 2/ Determinazione del tempo di miscelazione dei fini di emulsioni bituminose cationiche"
 - UNI EN 13398/2018 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione del ritorno elastico di un bitume modificato"
 - UNI EN 13399/2018 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della stabilità allo stoccaggio di bitumi modificati"
 - UNI EN 13587/2017 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione delle caratteristiche di trazione di leganti bituminosi mediante il metodo di prova della trazione"
 - UNI EN 13589/2008 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione delle caratteristiche a trazione dei bitumi modificati, utilizzando il metodo della trazione tramite duttilometro"
 - UNI EN 13702/2010 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della viscosità dinamica di un bitume modificato mediante il metodo cono-piatto"
 - UNI EN 13703/2004 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione dell'energia di deformazione"
 - UNI EN 13808/2013 "Bitumi e leganti bituminosi - Quadro delle specifiche per le emulsioni cationiche bituminose"
 - UNI EN 15322:2013 "Bitumi e leganti bituminosi - Quadro di riferimento delle specifiche dei leganti bituminosi fluidificanti e flussati"
 - UNI EN 14023/2010 "Bitumi e leganti bituminosi - Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi modificati da polimeri"

Conglomerati bituminosi

- UNI EN 12697 parte 1-44 - Normativa Europea per le miscele bituminose -
- UNI EN 13108-1/2016 "Miscele bituminose - Specifiche del materiale - Parte 1: Conglomerato bituminoso prodotto a caldo"
- UNI EN 13108-2/2016 "Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 2: Conglomerato bituminoso per strati molto sottili"
- UNI EN 13108-3/2016 "Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 3: Conglomerato con bitume molto tenero"
- UNI EN 13108-4/2016 "Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 4: Conglomerato bituminoso chiodato"
- UNI EN 13108-5/2016 "Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 5: Conglomerato bituminoso antisdrucchiolo chiuso"
- UNI EN 13108-6/2016 "Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 6: Asfalto colato"
- UNI EN 13108-20/2016 "Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 20: Prove di tipo"
- UNI EN 13108-21/2016 "Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 21: Controllo di produzione di fabbrica"
- CNR B.U. n.136/91 "Norme sulle miscele di aggregati e leganti idrocarburici. Determinazione della deformazione (impronta) di miscele di aggregati lapidei e bitume sotto carico statico"

Geotessili non-tessuto

- UNI 8279-14/1985 "Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione della resistenza al punzonamento e della deformazione a rottura (metodo della penetrazione)"
- UNI EN ISO 9864/2005 "Geosintetici - Determinazione della massa areica di geotessili e prodotti affini"
- UNI EN ISO 10319/2015 "Geosintetici - Prova di trazione a banda larga"
- UNI EN ISO 12236/2006 "Geosintetici - Prova di punzonamento statico (metodo CBR)"
- CNR B.U. n.110/85 "Norme sui geotessili: determinazione della massa per unità di superficie di un geotessile"
- CNR B.U. n. 142/92 "Norme sui geotessili: prova di trazione sui geotessili non tessuti"
- CNR B.U. n. 143/92 "Norme sui geotessili: determinazione della resistenza alla lacerazione"

Norme varie

- UNI EN 1338/2004 "Masselli di calcestruzzo per pavimentazione - Requisiti e metodi di prova"

13.3. DEFINIZIONI

Contratto: contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l'acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l'esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla stazione appaltante

Direzione Lavori: ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali

Direttore dei lavori: soggetto che ha la responsabilità del coordinamento e della supervisione dell'attività di tutto l'ufficio di direzione dei lavori, ed interloquisce in via esclusiva con l'ESECUTORE in merito agli aspetti tecnici ed economici del contratto. Cura che i lavori siano eseguiti a regola d'arte ed in conformità al progetto e al contratto

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor,

Contraente Generale)

FERROVIE: FERROVIENORD S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di FERROVIENORD S.p.A. (es. Direzione Lavori, Alta Sorveglianza)

Produttore: il fornitore, fabbricante, trasformatore oppure importatore di materiali

Prova: forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni della direzione lavori

13.4. ABBREVIAZIONI

- **FN:** FERROVIENORD S.p.A.;
- **DL:** Direzione lavori;

13.5. PRESCRIZIONI GENERALI

13.5.1. TIPI DI MATERIALI

I materiali da impiegare per i lavori di cui all'appalto dovranno corrispondere, come caratteristiche, a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia, a quanto indicato nel successivo paragrafo "caratteristiche dei materiali", a quanto riportato in ogni richiesta prescrittiva di cui al presente Capitolato o documento di progetto.

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

I materiali dovranno provenire da località o siti di produzione che l'ESECUTORE riterrà di sua convenienza, purché rispondano ai requisiti del presente Capitolato.

Quando la Direzione dei Lavori rifiuta una qualsiasi provvista come non idonea all'impiego, l'ESECUTORE dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche indicate in progetto; i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese dello stesso ESECUTORE.

Malgrado l'accettazione dei materiali da parte della Direzione dei Lavori (DL), l'ESECUTORE resta totalmente responsabile della riuscita - prestazione delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

13.5.2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Con riferimento a quanto stabilito nel § 13.5.1, i materiali di base da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti di seguito fissati.

Per ciò che riguarda le loro miscele e lavorazioni valgono le prescrizioni o le indicazioni prestazionali contenute negli appositi articoli.

La scelta di un tipo di materiale nei confronti di un altro o tra i diversi tipi dello stesso materiale, sarà fatta, nei casi non definiti inequivocabilmente dal presente Capitolato o dal progetto, in base al giudizio di FERROVIE.

I conglomerati bituminosi per essere ritenuti idonei e quindi impiegabili, dovranno essere dotati obbligatoriamente di marcatura CE.

Analogamente, come meglio specificato nel paragrafo relativo, gli aggregati dovranno essere dotati di marcatura CE anche quando non utilizzati come componente del conglomerato bituminoso.

Di seguito si riporta un esempio di marchio CE relativo al conglomerato bituminoso.

			
n.organismo notificato			
SOCIETA'			
08			
n. certificato			
EN 13108-1			
Conglomerato Bituminoso per strade, piste aeroportuali e altre aree trafficate			
CB	12,5	USURA	BM 50/70
Impianto di xxxxxxx			
Requisiti generali + Requisiti empirici			
Contenuto di vuoti			
– massimo	V_{max}	NPD	
– minimo	V_{min}	NPD	
Minimo di vuoti riempiti da bitume	VFB_{min}	NPD	
Massimo di vuoti riempiti da bitume	VFB_{max}	NPD	
Vuoti nell'aggregato minerale	VMA_{min}	NPD	
Contenuto di vuoti dopo 10 rotazioni	$V10G_{min}$	11	
Sensibilità all'acqua	ITSR	NPD	
Resistenza all'abrasione da pneumatici scolpiti (chiodati):	Abr_A	NPD	
Reazione al fuoco	Euroclass	NPD	
Temperatura della miscela	da	140°C	a 180°C
Granulometria:			
(passante al setaccio)	16	100%	
	12,5	95%	
	8	80%	
	4	49%	
	2	31%	
	0,5	15%	
	0,25	12%	
	0,063	8,0%	
Contenuto di legante	B_{min}	4,6%	
Valori Marshall			
minima stabilità	S_{min}	NPD	
massima stabilità	P_{max}	NPD	
scorrimento	F	NPD	
minima rigidezza	Q_{min}	NPD	
Resistenza alla deformazione permanente			
Dispositivo grande: profondità del solco	P	NPD	
Dispositivo piccolo: pendenza del solco	WTS_{AIR}	NPD	
Dispositivo piccolo: profondità del solco	PRD_{AIR}	NPD	
Condizioni di prova determinate secondo la UNI EN 13108-20			

13.6. ONERI

Rientrano tra gli oneri dell'ESECUTORE tutti quelli diretti e indiretti derivanti dall'applicazione delle presenti prescrizioni esecutive, in particolare:

- l'ESECUTORE dovrà eseguire o far eseguire tutte le prove e i controlli previsti dalle presenti prescrizioni, così come quelli integrativi, che la Direzione Lavori (DL) ritenesse necessarie; a tal scopo dovrà fornire la manodopera, le attrezzature, le opere provvisorie, i ponteggi in quantità e tipologie adeguate all'esecuzione delle prove medesime.
- per consentire l'effettuazione delle prove in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori,

L'ESECUTORE dovrà disporre di uno o più laboratori attrezzati per la esecuzione delle prove previste. L'eventuale laboratorio di cantiere dovrà avvalersi di personale qualificato e numericamente adeguato al numero e tipo di prove da eseguire; la DL si riserva la facoltà di verificare la sufficienza di dette prove qualora le ritenga non adeguate per i controlli di produzione.

- poiché la produzione e posa in opera del conglomerato bituminoso è equiparato ad un "processo speciale" (Norma UNI EN ISO 9001, p.4.9) gli addetti alla produzione e alla posa in opera dovranno essere stati prequalificati, a cura dell'ESECUTORE o del produttore secondo idonee procedure, approvate dal Direttore dei Lavori, che prevedano almeno le seguenti attività di istruzione:
 - elaborazione di nozioni tecniche (tecnologia, sicurezza, manutenzione attrezzature);
 - addestramento teorico – pratico.
- L'ESECUTORE dovrà provvedere a tutti gli adempimenti (autorizzazioni, deviazioni temporanee, ripristini, collaudo di Enti preposti, etc) previsti dalle normative vigenti relativamente alla effettuazione dei lavori e all'esercizio della viabilità ordinaria;
- L'ESECUTORE dovrà provvedere alla fornitura e al trasporto dei materiali provenienti da cave esterne in aggiunta a quelli eventualmente provenienti dagli scavi.
- la ricerca e il reperimento delle cave, quando non già indicate in progetto, dovranno essere basati su un'accurata valutazione temporale e quantitativa dei materiali necessari da sottoporre alla Direzione Lavori per il preventivo benessere almeno 30 giorni prima dell'inizio dei lavori.
- prima di dare inizio ai lavori L'ESECUTORE dovrà comunicare alla Direzione Lavori (DL) l'ubicazione degli impianti di provenienza dei materiali trattati o premiscelati che saranno utilizzati per realizzare le opere previste nelle presenti prescrizioni.
- L'ESECUTORE dovrà condurre le indagini necessarie ad accertare l'eventuale presenza di manufatti interrati di qualsiasi natura (cunicoli, tubazioni, cavi, etc.) che possano 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 completate prima dell'inizio delle lavorazioni.
- L'ESECUTORE dovrà verificare che il numero, la potenza e la capacità operativa delle attrezzature siano tali da consentire una produttività congruente con i programmi di lavoro previsti.
- nel caso in cui durante il corso dei lavori L'ESECUTORE ritenga opportuno variare le metodologie esecutive precedentemente approvate sarà sua cura effettuare le nuove prove preliminari eventualmente necessarie al fine di ottenere l'autorizzazione della Direzione Lavori.
- ai fini dell'attività di collaudo tutte le prove disposte, per la verifica del rispetto del presente Capitolato, saranno a cura e spese dell'ESECUTORE secondo quanto previsto dal DPR 207/2010 e s.m.i..

13.6.1. CONTROLLI

Ogni strato della pavimentazione stradale o del sub-ballast dovrà essere sottoposto alle prove di controllo prescritte nel presente Capitolato; soltanto dopo l'esecuzione delle suddette prove potrà essere posto in opera lo strato successivo.

Il numero delle prove previste dal presente Capitolato è da considerarsi il minimo previsto; la quantità delle stesse potrà essere incrementata su richiesta della DL.

L'ESECUTORE sarà obbligato a prestarsi in ogni tempo all'esecuzione di prove sui materiali impiegati o da impiegare, sottostando a tutte le spese connesse per il prelievo, la formazione e l'invio di campioni a laboratori "ufficiali" o "autorizzati" ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n. 380. In ogni caso l'ESECUTORE dovrà garantire l'accesso del personale di FERROVIE al suddetto laboratorio

affinché possa essere verificata l' idoneità del laboratorio alle prove previste, la taratura delle apparecchiature utilizzate e sia possibile presenziare eventualmente all' esecuzione delle prove. Rimane facoltà di FERROVIE richiedere la sostituzione del laboratorio scelto per l' esecuzione delle prove qualora ci sia evidenza della non corretta attuazione delle procedure di prova secondo la normativa tecnica di riferimento o per difformità di taratura delle apparecchiature o per evidenza di comportamenti non conformi ai principi della deontologia professionale, nonché per carenza delle autorizzazioni di legge, laddove previste.

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

13.6.2. PREAVVISI

Durante l' esecuzione di opere che per effetto di operazioni successive possano rendersi inaccessibili o comunque non ispezionabili, l' ESECUTORE dovrà sempre dare la prescritta informazione alla Direzione lavori prima di procedere con le fasi successive; nel caso in cui l' ESECUTORE non ottemperasse a quanto sopra la Direzione Lavori potrà richiedere di mettere a nudo le parti occultate o di rendere comunque accessibili le opere non ispezionate.

Le prestazioni necessarie per quanto sopra dovranno essere eseguite a cura e spese dell' ESECUTORE.

13.7. PAVIMENTAZIONI PER INTERPORTI

13.7.1. PAVIMENTAZIONE COSTITUITA DA UNO STRATO DI MISCELA CATALIZZATA E DA UNO STRATO DI CONGLOMERATO BITUMINOSO

13.7.1.1 Strato di fondazione e base in miscela catalizzata

Lo strato di fondazione e di base dovrà essere costituito da una miscela catalizzata composta da sabbie a granulometria controllata, loppa d'altoforno e catalizzatore specifico di presa a base di calce, miscelati in apposito impianto centralizzato a produzione continua con dosatori a volume.

Lo strato finito dovrà avere lo spessore definito in sede di progetto della struttura e dipendente dalle caratteristiche del terreno costituente il piano di posa della pavimentazione.

Lo strato di fondazione e base dovrà essere eseguito tenendo conto della possibilità che al di sotto di esso possano essere installate canalizzazioni e condutture per la posa di cavi e che da dette canalizzazioni possano emergere, nel numero e secondo le indicazioni della Direzione Lavori, idonei pozzetti di ispezione, di alloggiamento di prese di alimentazione per vagoni, ecc.

Secondo le indicazioni della Direzione Lavori lo strato dovrà essere interrotto in corrispondenza di fondazioni per torri faro o eventuali altre strutture, intendendosi l'onere compreso e compensato nel prezzo al metro quadrato della pavimentazione.

1.3.1.1.34. Caratteristiche dei materiali

a) Aggregato

L'Aggregato dovrà rispondere alla norma UNI EN 13242, UNI 11531-1e CNR BU n. 139 del 15/10/92. Ai fini del suo impiego dovrà essere dotato di marcatura CE come per legge, essere costituito da materiali provenienti da cava o da frantumazione, miscelati in percentuali tali da ottenere una curva granulometrica continua con le seguenti caratteristiche:

- elementi con dimensione compresa tra 0 e 7 mm, con eventuale presenza di una frazione di ghiaietto (15/20 mm), privi di forma appiattita, allungata o lenticolare;
- perdita in massa alla prova Los Angeles, eseguita sulla pezzatura più grossa dell'aggregato secondo la Norma UNI EN 1097-2, inferiore al 35%;
- plasticità nulla, elementi generalmente puliti, aventi un equivalente in sabbia secondo la UNI EN 933-8 e 9 non inferiore a 30;
- assenza di sostanze organiche (UNI EN 1744-1).

L'aggregato correttivo della granulometria, rispondente alle norme UNI EN 13242, UNI 11531-1 e CNR BU n. 139 del 15/10/92, dovrà essere di norma ricavato mediante frantumazione di rocce calcaree.

Esso dovrà essere aggiunto in misura variabile all'aggregato base nei casi in cui la curva granulometrica di quest'ultimo risulti discontinua.

Qualora l'aggregato correttivo non abbia una sufficiente percentuale di fino dovrà prevedersi l'uso del filler.

b) Legante

Dovrà essere impiegata loppa d'alto forno di recente produzione, nella misura compresa tra il 10-15% della massa totale della miscela.

La loppa, inizialmente granulata (da 0/3 a 0/5 mm), dovrà presentarsi, dopo la frantumazione, come una sabbia 0/2 mm e tale da garantire un passante al setaccio 0,063 pari a circa il 10%.

c) Catalizzatore di presa

Dovrà essere in misura dell'1% della massa secca della miscela.

L'ESECUTORE dovrà proporre alla Direzione Lavori il catalizzatore più adatto alla natura chimica dei costituenti la miscela.

d) Acqua

Dovrà essere esente da oli, acidi, alcali, materia organica in quantità superiore allo 0,2% e da qualsiasi altra sostanza nociva; la quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottimale di costipamento, con una tolleranza compresa tra -1% e +3% della massa della miscela. In caso di dubbio la Direzione Lavori richiederà la verifica di idoneità ai sensi della norma UNI EN 1008.

All'acqua d'impasto potrà essere aggiunto, in particolari condizioni climatiche o di posa in opera e in ogni caso quando la Direzione Lavori lo riterrà opportuno, un accelerante di presa: l'ESECUTORE dovrà proporre alla Direzione Lavori l'accelerante più idoneo e il suo dosaggio, in relazione alle caratteristiche di maturazione richieste.

e) Miscela

L'ESECUTORE è tenuto a presentare alla Direzione Lavori, per preventiva accettazione, lo studio della miscela catalizzata che intende porre in opera, nonché le verifiche strutturali atte a dimostrare l'idoneità degli spessori di progetto in funzione dei parametri di resistenza e deformabilità caratteristici della miscela stessa.

Lo studio della miscela dovrà comunque garantire i seguenti parametri meccanici minimi:

- Rt (resistenza a trazione indiretta): 0,5 N/mm²;
- Rc (resistenza a compressione): 4 N/mm²;
- E (modulo elastico): 5.000 N/mm².

Tali valori minimi sono riferiti a sei mesi di maturazione alla temperatura costante di 20°C.

Ai fini dei controlli del comportamento globale della miscela catalizzata di cui al successivo punto 13.7.1.1.8 "caratteristiche finali", lo studio dovrà fornire chiare indicazioni sull'evoluzione dei parametri meccanici minimi utilizzati nella progettazione, con particolare riferimento a quelli ottenibili alle scadenze di sei mesi e un anno di maturazione della miscela in opera.

1.3.1.1.35. Confezionamento

L'impianto di miscelazione dovrà essere di tipo continuo, centralizzato, con dosatura a volume degli aggregati, della loppa e dell'acqua; la dosatura del catalizzatore e dell'eventuale filler dovrà essere realizzata con coclea alimentata da sili a velocità opportunamente regolata e di adeguato grado di precisione.

La dosatura effettiva degli aggregati, della scoria e del catalizzatore dovrà essere realizzata con la precisione del 3%.

Le tarature dovranno essere effettuate all'inizio del lavoro e successivamente verificate mensilmente o tutte le volte che la DL lo richieda sulla base di giustificati motivi tecnici.

Il dosaggio effettivo dell'acqua dovrà tenere conto del contenuto di umidità proprio dei costituenti della miscela e sarà funzione delle condizioni climatiche che si possono verificare sul luogo di confezionamento e della posa in opera; tale dosatura dovrà avvenire con la precisione del 2%.

I dispositivi di misura di tutti i costituenti la miscela dovranno essere di tipo individuale.

Nel caso in cui lo studio della miscela preveda la loppa macinata, l'impianto sopra descritto dovrà essere corredato da un mulino centrifugo equipaggiato da una tramoggia d'alimentazione e nastro per l'accumulo.

La produzione e la posa in opera della miscela catalizzata dovrà essere sospesa nel caso che la temperatura scenda al di sotto 5° C, salvo diverse disposizioni che la Direzione Lavori e il Progettista potranno dare, prescrivendo, in tal caso gli accorgimenti cautelativi da adottare; per questo titolo l'ESECUTORE non potrà avanzare richiesta alcuna di maggiori compensi.

La Direzione Lavori potrà, ogni qualvolta lo riterrà opportuno e con frequenza da lui prefissata, controllare la dosatura effettiva all'atto della sua confezione: la dosatura dei singoli costituenti dovrà risultare conforme a quella indicata nello studio preliminare qualificato con una tolleranza di più o meno il 3%.

1.3.1.1.36. *Trasporto e posa in opera*

Il trasporto della miscela catalizzata, tra l'impianto di miscelazione e il cantiere, sarà eseguito con autocarri ordinari e in numero sufficiente al fine di evitare soste della centrale di produzione.

La miscela dovrà essere stesa sul piano di posa finito o sullo strato precedente dopo che sia stata accertata, dalla Direzione Lavori, la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti.

La stesa dovrà essere eseguita impiegando idonee macchine operatrici: ruspa, livellatrice o finitrice vibrante.

Per il costipamento dovranno essere impiegati un rullo vibrante liscio e un rullo gommato di almeno 35 t su ruote tutte semoventi; per la rifinitura dovrà essere impiegata una livellatrice.

La stesa della miscela non dovrà essere eseguita nel caso di temperatura ambiente inferiore a 5°C od in evenienza di pioggia battente, salvo diverse disposizioni come indicato al precedente paragrafo.

In presenza di temperature elevate l'ESECUTORE dovrà provvedere alla bagnatura abbondante del piano di posa e a un inaffiamento leggero, ma frequente, dello strato eseguito in modo da preservare l'umidità ottimale della miscela fino alla stesa del rivestimento finale.

L'ESECUTORE, in caso di danneggiamento dello strato di miscela fresca già stesa, è tenuto a rimuovere la parte pregiudicata al fine di ripristinare le condizioni iniziali.

Le attrezzature, i tempi e le modalità per la posa in opera dovranno essere quelli preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

1.3.1.1.37. *Compattazione*

Subito dopo la stesa da eseguirsi anche in più strati successivi, ciascuno di spessore comunque non superiore a cm 30, l'ESECUTORE dovrà provvedere al costipamento dello strato messo in opera stabilendo il numero necessario di passate dei rulli.

Per gli strati di spessore superiore a 30 cm o quando la granulometria della miscela supera i 10 mm, la compattazione dovrà avvenire con l'azione combinata del rullo vibrante e del rullo gommato: il numero delle passate sarà definito in base ai controlli della densità ottenuta, secondo quanto previsto al successivo punto

1.3.1.1.38. *Prove in sito*

Il rullo vibrante dovrà essere utilizzato per primo e con numero di passate generalmente comprese tra 4 e 8 in relazione alla velocità adottata.

La pressione del rullo gommato dovrà essere regolata in funzione della stabilità immediata e della granulometria della miscela posta in opera.

Il livellamento finale della superficie dovrà essere effettuato con la sola rimozione del materiale eccedente.

1.3.1.1.39. *Controlli dei materiali*

L'ESECUTORE sarà tenuto a eseguire il controllo delle caratteristiche fisico-chimiche dei leganti e della granulometria dei costituenti, nonché quelle della miscela risultante, all'atto della loro fornitura, controllando la rispondenza con i fusi granulometrici e le caratteristiche fisico-chimiche fornite nello studio preliminare della miscela.

In particolare, in corso d'opera si dovrà eseguire un controllo della granulometria ogni 1000 t di aggregato base, ogni 200 t di loppa granulata e ogni 200 t di aggregato correttivo e una determinazione delle caratteristiche fisico-chimiche dei leganti a ogni fornitura.

La prova AASHTO Modificata di controllo UNI EN 13286-2 sarà eseguita sul materiale prodotto dalla centrale, al tenore d'acqua di miscelazione; si dovrà verificare la sua conformità con quella del laboratorio secondo quanto riportato nello studio preliminare della miscela. Se il risultato non si discosta di oltre il $\pm 3\%$ dalla prova di laboratorio si manterrà la densità di riferimento iniziale; se la discordanza è superiore si dovrà ripetere la prova al fine di determinare i nuovi valori di riferimento.

L'ESECUTORE è tenuto a eseguire la predetta prova una volta alla settimana e comunque alla ripresa della produzione dopo una interruzione significativa.

1.3.1.1.40. *Prove in sito e criteri di accettazione*

Terminata la compattazione, l'ESECUTORE dovrà provvedere, su indicazione della Direzione dei Lavori, alla misura della densità in sito quale controllo della buona esecuzione dell'opera.

La densità in sito dovrà essere pari al 98% della densità secca massima determinata con la prova AASHTO Modificata.

Il controllo di detta densità dovrà essere eseguito con continuità e comunque con una frequenza di una prova ogni 500 m², da effettuarsi secondo le disposizioni della Direzione Lavori e in conformità alla norma CNR- BU n. 22.

Nel caso che i valori delle densità in sito risultino inferiori a quelli di riferimento, la compattazione dovrà riprendere fino al raggiungimento dei valori ottimali.

Qualora questi ultimi non risultino ancora rispettati, si dovrà procedere alla determinazione dei nuovi valori di riferimento, mediante prova AASHTO Modificata sul materiale effettivamente posto in opera.

Durante la produzione e la posa in opera della miscela costituente lo strato di fondazione e di base dovranno essere pertanto assicurati i seguenti controlli giornalieri:

- controllo granulometrico degli aggregati;
- controllo del contenuto in acqua degli aggregati;
- controllo delle caratteristiche fisico-chimiche dei leganti;
- controllo granulometrico della miscela prelevata al nastro dell'impianto;
- controllo del contenuto in acqua della miscela;
- densità in sito per la determinazione della densità secca, della densità umida e del grado di compattazione della miscela.

L'ESECUTORE dovrà riassumere settimanalmente i controlli effettuati in una relazione da presentare alla Direzione Lavori, nei tempi e modi che verranno stabiliti da quest'ultima rientrando tale attività tra gli oneri dell'ESECUTORE medesimo.

1.3.1.1.41. *Caratteristiche finali*

La Direzione Lavori controllerà il comportamento globale della miscela catalizzata dopo sei mesi e dopo un anno dalla posa in opera, mediante misurazione delle caratteristiche meccaniche (resistenza a trazione indiretta, resistenza a compressione e modulo elastico) su campioni prelevati con carotaggio o con altri sistemi che non provochino disturbo al provino, ogni 1000 m², in diversi punti della pavimentazione. Tali caratteristiche saranno da confrontare con i parametri di riferimento determinati con lo studio preliminare della miscela stessa.

Il valore finale sarà ricavato mediando i valori ottenuti sui singoli campioni, se ciascuno di questi non si scosta dalla media stessa di $\pm 20\%$, altrimenti dalla media dei valori restanti dopo aver scartato quelli esterni all'intervallo indicato.

Qualora dalle prove eseguite risulti un valore dei parametri meccanici inferiore a quello di progetto e determinato nel corso dello studio preliminare della miscela, la Direzione Lavori potrà richiedere di procedere, a cura e spese dell'ESECUTORE, a un ulteriore controllo sperimentale e/o teorico della struttura in sito, effettuando una verifica anche in termini di deformabilità.

Se gli ulteriori controlli sperimentali e/o teorici della struttura forniscono ancora valori di resistenza inferiori a quelli di progetto, la Direzione Lavori potrà prescrivere la demolizione della pavimentazione interessata, compreso lo strato superiore, e il suo completo rifacimento con opere e oneri a totale carico dell'ESECUTORE.

In alternativa, qualora la struttura sia accettabile a parere della DL, si potrà procedere a una detrazione pari al 5% del prezzo della tariffa contrattuale per ogni 2% di valore della resistenza inferiore.

13.7.1.2 Conglomerato bituminoso

Per le caratteristiche dei costituenti e delle miscele, per le modalità di confezionamento, trasporto, posa in opera e per i controlli finali si dovrà fare riferimento a quanto previsto al par. 13.8.4.3.4 "Strato di collegamento (binder) e strato di usura".

13.7.2. PAVIMENTAZIONE DI TIPO RIGIDO IN CALCESTRUZZO

La pavimentazione di questo tipo può essere utilizzata in alternativa a quella prevista nel paragrafo precedente

13.7.1 “PAVIMENTAZIONE COSTITUITA DA UNO STRATO DI MISCELA CATALIZZATA E DA UNO STRATO DI CONGLOMERATO BITUMINOSO” ed è costituita da:

- strato di fondazione in misto granulare cementato;
- rivestimento in lastre di conglomerato cementizio.

13.7.2.1 Indagini preliminari

Preventivamente alla realizzazione della pavimentazione si dovrà eseguire nel terreno in sito un numero rappresentativo di pozzetti di ispezione ciascuno di profondità non inferiore a 2 m dal piano di campagna con escavatore meccanizzato; dai pozzetti vanno prelevati eventualmente dei campioni rimaneggiati per la determinazione delle proprietà indici.

Sul piano di posa della pavimentazione che eventualmente dovrà essere stato preventivamente compattato, deve essere eseguita almeno n. 1 prova di carico su piastra ogni 500 m² per la determinazione del Modulo di deformazione Md (CNR-BU n. 146) che dovrà risultare superiore a 40 MPa. Il rapporto tra i moduli di deformazione del 1° e 2° ciclo, inoltre, non dovrà essere inferiore a 0,45. Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile, l'ESECUTORE dovrà proporre alla DL, che sentirà in merito i progettisti, un metodo di stabilizzazione del piano di posa, oppure una bonifica dello stesso mediante sostituzione del terreno in situ.

13.7.2.2 Strato di fondazione in misto granulare cementato

Per quanto attiene alle caratteristiche e prescrizioni esecutive e di controllo del misto granulare cementato si dovrà fare riferimento a quanto previsto al par. 13.8.4.1 “Fondazione in misto cementato confezionato in centrale”.

13.7.2.3 Rivestimento in lastre di calcestruzzo armato

1.3.1.1.42. *Caratteristiche del conglomerato cementizio e controlli in corso d'opera*

Per quanto attiene alle caratteristiche e alle modalità di confezionamento, trasporto e posa in opera del conglomerato cementizio si dovrà fare riferimento a quanto previsto dal progettista ed a quanto riportato nella sezione 6 “Opere di conglomerato cementizio e in acciaio” del presente Capitolato.

Nella pavimentazione in calcestruzzo dovranno essere realizzati giunti di contrazione e/o di dilatazione secondo il progetto.

I giunti avranno andamento trasversale e longitudinale e saranno distanziati tra di loro in relazione allo spessore della lastra e alle caratteristiche del conglomerato cementizio.

I giunti di dilatazione dovranno interessare tutto lo spessore del conglomerato cementizio e avere la larghezza da 1,5 a 2 cm, saranno sigillati con materiale compressibile e distanziati in modo tale da evitare fessurazioni nella lastra.

Il numero e la distanza tra i giunti sarà stabilito dal progetto in relazione a tutte le sollecitazioni cui è sottoposta la pavimentazione stradale.

In corrispondenza dei bordi delle lastre l'armatura dovrà essere rinforzata.

1.3.1.1.43. *Controlli finali*

A lavoro ultimato verranno prelevate ogni 500 m² di pavimentazione realizzata, n° 3 carote o provini per la determinazione di:

- massa volumica;
- resistenza a compressione e trazione;
- resistenza alla penetrazione dell'acqua (Norma ISO 7031).

Tali valori dovranno essere confrontati con i valori determinati in fase di qualificazione della miscela; per gli eventuali provvedimenti vale quanto previsto al precedente punto 13.7.1.1.8 "Caratteristiche finali".

13.8. PAVIMENTAZIONI STRADALI

13.8.1. TIPOLOGIE E CARATTERISTICHE DELLE PAVIMENTAZIONI

Le caratteristiche costruttive per le differenti tipologie sono di seguito definite; le categorie delle pavimentazioni stradali di cui alle lettere a., b., c. sono da riferirsi al D. Min. Infr. e Trasp. del 05/11/2001 n. 6792.

a. Pavimentazione per strada di categoria A

Per le strade di categoria A la pavimentazione dovrà essere costituita da:

- strato anticapillare di sottofondazione, dello spessore minimo finito non minore di cm 20;
- strato di fondazione, di aggregati stabilizzati e compattati o in misto cementato, dello spessore finito non minore di cm 25;
- strato di base, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 10;
- strato di collegamento (binder), in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 8;
- tappeto di usura, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 4.

b. Pavimentazione per strada di categoria B

Per le strade di categoria B la pavimentazione dovrà essere costituita da:

- strato anticapillare di sottofondazione, dello spessore minimo finito non minore di cm 15;
- strato di fondazione, di aggregati stabilizzati compattati o in misto cementato, dello spessore finito non minore di cm 20;
- strato di base, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 8;
- strato di collegamento (binder), in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 4;
- tappeto di usura, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 3.

c. Pavimentazione per strada di categoria C

Per le strade "minori" la pavimentazione dovrà essere costituita da:

- strato di fondazione, di aggregati stabilizzati e compattati dello spessore finito non minore di cm 20;
- strato in conglomerato bituminoso dello spessore finito non

minore di cm 4. Per le strade "poderali o campestri" la

pavimentazione dovrà essere costituita da:

- strato di fondazione, di aggregati stabilizzati e compattati dello spessore finito non minore di cm 25, saturato con graniglia o pietrischetto.

d. Pavimentazione su impalcati stradali per strade di categoria A-B-C

La pavimentazione su impalcati stradali dovrà essere costituita da:

- strato di collegamento (binder), in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 8;
- tappeto di usura, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 4.

e. Pavimentazione su massicciata ferroviaria

In corrispondenza di passatoie e/o in aree di manovra attraversate da binari ferroviari la pavimentazione dovrà essere realizzata con le seguenti modalità:

- accurata pulizia della superficie della massicciata ferroviaria per eliminazione della polvere e spandimento di emulsione bituminosa in ragione di 1,0 – 1,5 kg/m²;
- formazione di uno strato di collegamento (binder), in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 8;
- formazione di tappeto di usura, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 4.

f. Massicciata stradale a semipenetrazione

È costituita da pietrisco di pezzatura compresa tra 40 e 71 mm e con coefficiente Los Angeles non superiore a 30, dello spessore finito di 10 cm. Il trattamento di semipenetrazione è effettuato in due passate, la prima con 2 kg/m² di emulsione bituminosa e 28 dm³/m² di pietrischetto di pezzatura compresa fra 10 e 25 mm, la seconda con 1,5 kg/m² di emulsione bituminosa e 12dm³/m² di graniglia compresa fra 5 e 10 mm.

I materiali sopra specificati devono rispondere ai seguenti requisiti.

Il pietrisco deve essere steso in un unico strato, il costipamento va effettuato con rulli compressori di massa non inferiori a 14 t che operano a velocità comprese tra 1,5 e 3 km/ora. Il rullo deve procedere dai margini verso il centro a fasce parallele, ricoprendosi l'una con l'altra per una zona larga almeno 20 cm.

Nel costipare la prima fascia marginale deve essere costipata, dove esista, anche una fascia di 20 cm di banchina. Dopo il primo passaggio di rulli si deve umidificare, con innaffiatori, evitando il rifluimento in superficie.

Per evitare, nell'ultima fase di costipamento, di ridurre il materiale a pezzatura troppo minuta si deve aggiungere materiale aggregante costituito da residui di frantumazione di natura calcarea in quantità non superiore al 10% del materiale costipato.

Quando la massicciata avrà buone condizioni di consistenza e stabilità e si presenterà perfettamente chiusa e priva d'irregolarità, si procederà ad un'accurata pulizia della superficie da trattare allontanando la polvere o qualsiasi altro materiale che possa costituire una discontinuità tra la massicciata ed il manto bituminoso sovrastante.

L'emulsione va stesa in due riprese con apposite spruzzatrici a pressione. Alla fine di ciascuna delle due passate di emulsione deve seguire il regolare spandimento del pietrischetto, dopo la prima passata e della graniglia dopo la seconda. Successivamente deve essere eseguito un costipamento con rullo di massa da 8 a 10 t, in modo da ottenere una pavimentazione livellata e finita a regola d'arte e tale che in nessun punto possano aversi ondulazioni o irregolarità, rispetto ad un'asta della lunghezza di 3 m appoggiata sul manto, superiori a 1,5 cm.

g. Pavimentazione con pietrischetto bitumato

È costituita da un sottofondo composto a freddo da uno strato di 3 cm (4 cm sciolto), di pietrischetto di pezzatura 10/25 mm, miscelato con 120 kg/m³ di emulsione bituminosa, sulla quale è formato, a freddo, uno strato di 2 cm (3 cm sciolto) di graniglia di pezzatura 5/10 mm, miscelata con 150 kg/m³ di emulsione, cilindrata strato per strato, con rullo di massa da 6 t.

Dopo alcuni giorni (il cui numero dovrà essere concordato con la Direzione Lavori) deve essere eseguito un trattamento superficiale con emulsione bituminosa in ragione di 0,8 kg/m² di emulsione

e 5,5 litri/m² di graniglia silicea da 2/5 mm.

13.8.2. LEGANTI

13.8.2.1 Leganti bituminosi di base e modificati

1.3.1.1.44. Bitumi di base

I bitumi di base per uso stradale sono quelli di normale produzione con le caratteristiche indicate in Tab. 13.8.1 impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi a caldo.

Le tabelle che seguono si riferiscono nella prima parte al prodotto di base così come viene prelevato nelle cisterne e/o negli stoccaggi, nella seconda parte al prodotto sottoposto all'invecchiamento artificiale; FERROVIE si riserva anche la possibilità di rilevare le caratteristiche elencate nella seconda parte per meglio valutare l'affidabilità di impiego dei leganti.

Tab. 13.8.1 Caratteristiche dei bitumi di base

Caratteristiche	U.M.	Norma di rif.	Bitume 50/70	Bitume 70/100
			valore	
PRIMA PARTE				
penetrazione a 25° C	dmm	UNI EN 1426 - 2007	50-70	70-100
punto di rammollimento	° C	UNI EN 1427 - 2007	46-54	43-51
punto di rottura Fraass, min.	° C	UNI EN 12593 - 2007	≤-8	≤-10
punto di infiammabilità	°C	EN 22592(b)	230	230
SECONDA PARTE - valori dopo RTFOT (resistenza all'invecchiamento-UNI EN 12607-1)^(*)				
Variazione di massa	%	UNI EN 12607-1	≤ 0,5	≤ 0,8
incremento del punto di rammollimento	°C	UNI EN 1427 - 2007	≤ 11	≤ 11
penetrazione residua	%	UNI EN 1426 - 2007	≥50	≥46

^(*)Rolling Thin Film Oven Test

1.3.1.1.45. Bitumi modificati

I bitumi di base di tipo 70-100 potranno essere modificati in raffineria o tramite lavorazioni successive mediante l'aggiunta di polimeri (elastomeri e loro combinazioni) effettuata con idonei dispositivi di miscelazione al fine di ottenere migliori prestazioni dalle miscele in due modi distinti:

- in modo soft "SF" : modifica media con le caratteristiche riportate nella Tab. 13.8.2
- in modo hard "HD": modifica forte con le caratteristiche riportate nella Tab. 13.8.2

Oltre ai bitumi 70/100 di cui alla tabella 13.8.1, per la preparazione di bitumi modificati, possono essere utilizzati bitumi di base modifica "BM", aventi caratteristiche riportate nella seguente tabella 13.8.2, opportunamente preparati per una successiva modifica.

I bitumi di tipo soft potranno essere impiegati nelle miscele normali (base, binder, usura) mentre dovranno essere tassativamente impiegati i bitumi di tipo hard nelle miscele speciali salvo diversa indicazione del Committente.

Tab.13.8.2 Caratteristiche dei bitumi modificati

Caratteristiche	U.M.	Norma di rif.	Base Modifica BM	Soft 2,5%-3,5% SF	Hard 4%-6% HD
penetrazione a 25° C	dmm	UNI EN 1426 - 2007	80-100	50-70	50-70
punto di rammollimento	°C	UNI EN 1427 - 2007	43-51	60-80	70-90
punto di rottura Fraass	°C	UNI EN 12593 - 2007	≤-8	≤ -10	≤ -12
ritorno elastico a 25° C	%	UNI EN 13398 - 2010	-	≥ 70	≥ 80
viscosità dinamica a 160° C	Pa x s	UNI EN 13302 - 2010	0,01-0,10	0,10-0,35	0,15-0,4
Stabilità allo stoccaggio tube test	°C	UNI EN 13399 - 2010	-	≤ 3 ^(°)	≤ 3 ^(°)
valori dopo RTFOT – Rolling Thin Film Oven Test resistenza all'invecchiamento-UNI EN 12607-1)					
penetrazione residua a 25° C	%	UNI EN 1426 - 2007	≥ 50	≥ 40	≥ 40
Incremento del punto di rammollimento	°C	UNI EN 1427 - 2007	≤ 9	≤ 8	≤ 5

(°)Entrambi i valori del punto di rammollimento ottenuti per il tube test non devono differire dal valore di rammollimento di riferimento di più di 5°C

Tab. 13.8.2/a - Caratteristiche dei bitumi modificati per mano d'attacco

<i>BITUME SOFT O HARD</i>			
Caratteristiche	Norma di rif.	U.M.	valori
penetrazione a 25° C	UNI EN 1426 - 2007	dmm	50-70
punto di rammollimento	UNI EN 1427 - 2007	° C	60-90
punto di rottura Fraass	UNI EN 12593 - 2007	° C	≤ -10
viscosità dinamica a 160° C	UNI EN 13399 - 2010	Pa x s	0,10-0,4

13.8.2.2 Emulsioni bituminose

1.3.1.1.46. Emulsioni bituminose per mano di attacco cationiche nonmodificate

Le emulsioni bituminose, vedi Tab. 13.8.3, possono essere impiegate come mano di attacco solo tra fondazione e base, binder e usure normali (per usure non aperte). Negli altri casi si usa bitume modificato hard.

Tab. 13.8.3 Caratteristiche delle emulsioni bituminose

caratteristiche	unità di misura	Norma di rif.	Emulsioni a rapida rottura	Emulsioni a media velocità di rottura
contenuto d'acqua	% in peso	UNI EN 1428 - 2012	≤40	≤45
contenuto di bitume	% in peso	UNI EN 1431 - 2013	≥ 60	≥ 55
grado di acidità (pH)		UNI EN 12850 - 2009	2-5	2-5
caratteristiche del bitume estratto				
penetrazione a 25° C	dmm	UNI EN 1426 - 2007	50-120	100-150
punto di rammollimento	° C	UNI EN 1427 - 2007	≥ 40	≥ 40
punto di rottura Fraass	° C	UNI EN 12593 - 2007	≤ -8	≤ -8

13.8.2.3 Utilizzo di additivi

L'eventuale utilizzo di additivi, (es. ACF -Attivanti chimico funzionali, DP-Attivanti di adesione) dovranno essere preventivamente autorizzato dalla Direzione Lavori.

13.8.3. STRATO DI ANTICAPILLARE

Se previsto nel progetto lo strato di anticapillare sarà costituito da sabbia ghiaietto o pietrischetto, esenti da materie eterogenee di dimensioni comprese tra 1 e 20 mm con percentuale massima del 20% passante al crivello 4 UNI, eventualmente steso su uno strato di geotessile non tessuto in poliestere di massa unitaria non inferiore a 400 gr/m² con le caratteristiche riportate nella Tab. 13.8.4 seguente:

Tab. 13.8.4 Caratteristiche del geotessile non tessuto in poliestere, coesionato meccanicamente per agugliatura, con massa non inferiore a 400 g/m

CARATTERISTICHE	VALORI LIMIT.	NORME DI RIF.
Massa per unità di superficie	≥ 400 g/m ²	
Spessore: a 2,0 KPa a 200 KPa	≥ 4,0 mm ≥ 1,9 mm	UNI EN ISO 9864:2005 CNR-BU N. 110-1985
Resistenza a trazione – Media tra la direzione di produzione e la trasvers. – Media in una delle due direzioni	≥ 24 kN/m ≥ 21 kN/m	CNR-BU N. 142-1992
Deformazione a rottura – Media tra la direzione di produzione e la trasvers. – Media in una delle due direzioni	≥ 85 % ≥ 30 ÷ 95 %	CNR-BU N. 142-1992 EN ISO 10319
Resistenza a lacerazione	≥ 1,4 kN	CNR-BU N. 143-1992
Resistenza al punzonamento	≥ 4,0 kN	UNI 8279/14 EN ISO 12236

13.8.3. SOVRASTRUTTURA STRADALE

I materiali, ai fini del loro impiego, dovranno essere forniti di marcatura CE secondo quanto previsto da norme e leggi vigenti.

13.8.3.1 Fondazione in misto cementato confezionato in centrale

Il misto cementato sarà costituito da miscele di inerte calcareo di frantoio rispondente alle norme CNR BU

N. 29 con fuso di tipo A1 e cemento in ragione del 3% e 5% in massa dell'inerte secco. L'acqua di impasto sarà in ragione del 6% circa della massa secca dell'inerte.

La resistenza a compressione con provini cilindrici compattati a 7 gg di stagionatura, come previsto dalla norma CNR citata dovrà essere compresa tra 3 e 7 MPa; per ottenere tali risultati potranno essere usati opportuni additivi.

L'inerte da impiegare dovrà provenire da frantumazione di rocce calcaree con preferenza per i calcari teneri con esclusione dei misti calcarei di fiume.

Il misto cementato dovrà essere costipato alla densità non inferiore al 95% di quella ottenuta in laboratorio, con le modalità previste al punto 2 della normativa CNR citata.

La resistenza a trazione determinata con il metodo brasiliano non dovrà essere inferiore a 0,2 MPa su provini cilindrici stagionati a 7 giorni. Il misto dovrà essere confezionato in cantiere di betonaggio e trasportato sul posto con autobetoniere.

1.3.1.1.47. *Formazione e confezione delle miscele*

Le miscele saranno confezionate in impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Gli impianti dovranno comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti sarà preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi di aggregato dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondenti alle classi impiegate.

1.3.1.1.48. *Posa in opera*

La miscela verrà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accertata dalla DL la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti.

La stesa verrà eseguita impiegando finitrici vibranti gommate a 4 assi o cingolate e comunque dei tipi approvati dalla DL in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento sia longitudinale che trasversale.

Le operazioni di addensamento dello strato dovranno essere realizzate in ordine con le seguenti attrezzature:

- rullo a due ruote vibranti da 10 ton per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18 ton;
- rullo gommato con pressione di gonfiaggio superiore a 5 atm e carico di almeno 18 ton.

Potranno essere impiegati in alternativa rulli misti, vibranti-gommati, tutti approvati dalla DL aventi

le stesse caratteristiche sopra riportate.

La stesa della miscela non dovrà, di norma, essere eseguita con temperatura ambiente inferiore a 5°C o superiore a 35°C e mai sotto la pioggia.

La stesa a temperature non conformi a quelle sopra indicate potrà essere consentita dalla DL.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non dovrà superare di norma le 2 ore per garantire la continuità della struttura.

Particolari accorgimenti dovranno adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale similare.

Il giunto di ripresa sarà ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola e togliendo la tavola al momento della ripresa della stesa, se non si fa uso della tavola sarà necessario, prima della ripresa della stesa, provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale.

Non dovranno essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.

Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno successivo a quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati e previa verifica che il transito non danneggi lo strato.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause dovranno essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'ESECUTORE.

1.3.1.1.49. *Protezione superficiale*

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura dovrà essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55% in ragione di 1 ÷ 2 kg/m², in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto e successivo spargimento di sabbia.

1.3.1.1.50. *Norme di controllo delle lavorazioni*

A discrezione della Direzione dei Lavori verrà verificata la rispondenza delle caratteristiche granulometriche delle miscele.

Verrà ammessa una tolleranza di $\pm 5\%$ fino al passante al setaccio 4 e di $\pm 2\%$ per il passante al setaccio 2 e inferiori, purché non vengano superati i limiti del fuso.

La rispondenza delle caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le medesime prove di laboratorio eseguite per la loro qualifica. La rispondenza delle granulometrie delle miscele a quelle di progetto dovrà essere verificata con controlli giornalieri e comunque ogni 300 m³ di materiale posto in opera.

Lo spessore dello strato dovrà essere verificato con la frequenza di almeno un carotaggio ogni 400 m di strada o carreggiata.

Lo spessore stabilito non dovrà avere tolleranze in difetto superiori al 5% nel 98% dei rilevamenti; in caso contrario sia per la planarità che per le zone omogenee con spessore in difetto sarà obbligo dell'ESECUTORE a sua cura e spesa compensare gli spessori carenti incrementando in egual misura lo spessore in conglomerato bituminoso sovrastante.

13.8.3.2 Misto granulare stabilizzato per fondazione e sottofondazione

La fondazione in oggetto si può utilizzare in alternativa alla fondazione di cui al par. 13.8.4.1 precedente "Fondazione in misto cementato confezionato in centrale" ed è costituita da una miscela di terre stabilizzate granulometricamente; la frazione grossa di tale miscela (trattenuta al setaccio

UNI 2 mm) può essere costituita da ghiaie, frantumati, detriti di cava, scorie o anche altro materiale ritenuto idoneo dalla DL.

La fondazione potrà essere formata da materiale di apporto idoneo oppure da correggersi con adeguata attrezzatura in impianto fisso di miscelazione.

Lo spessore da assegnare alla fondazione sarà fissato da progetto e verificato dalla DL.

1.3.1.1.51. *Caratteristiche dei materiali da impiegare*

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione, risponderà alle caratteristiche seguenti:

a) l'aggregato non deve avere dimensioni superiori a 63 mm, e deve essere senza forma appiattita, allungata o lenticolare;

b) granulometria compresa nel seguente fuso e avente andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limite:

setacci UNI (mm)	Fuso (passante %)
setaccio 63	100-100
setaccio 40	84-100
setaccio 20	70-92
setaccio 14	60-85
setaccio 8	46-72
setaccio 4	30-56
setaccio 2	24-44
setaccio 0.25	8-20
setaccio 0.063	6-12

c) perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature, inferiore al 30% in peso;

d) equivalente in sabbia misurato sulla frazione passante al setaccio UNI 4 mm, compreso tra 40 e 80 (la prova va eseguita con dispositivo meccanico disciutimento);

e) indice di portanza CBR ai sensi della norma UNI EN 13286-47 - 2012 dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25 mm) non minore di 50.

È inoltre richiesto che la condizione di cui alla lettera e) precedente sia verificata per un intervallo di + 2% rispetto all'umidità ottima di costipamento.

I controlli di cui sopra dovranno anche essere eseguiti per il materiale prelevato dopo costipamento.

Il limite superiore dell'equivalente in sabbia pari a 80 potrà essere modificato dalla DL in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale.

Se le miscele contengono oltre il 60% in peso di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi a, b, c, d, e, ad eccezione di quanto prescritto al comma d) per il quale è ammesso che la miscela abbia equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35.

1.3.1.1.52. *Studio preliminare*

Le caratteristiche suddette dovranno essere accertate dalla DL mediante prove di laboratorio sui campioni che l'ESECUTORE avrà cura di presentare a tempo opportuno per la loro valutazione prima dell'inizio delle lavorazioni.

L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'ESECUTORE relativa al raggiungimento dei requisiti finali richiesti per gli aggregati in opera.

Contemporaneamente l'ESECUTORE dovrà indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

I requisiti di accettazione verranno inoltre accertati con controlli della DL in corso d'opera, prelevando il materiale in sito già miscelato, prima e dopo avere effettuato il costipamento.

1.3.1.1.53. *Modalità esecutive*

Il piano di posa dello strato dovrà avere le quote, la sagoma, i requisiti di compattezza ed essere ripulito da materiale estraneo non idoneo.

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 20 cm e non inferiore a 10 cm e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti.

L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato.

Verificandosi comunque eccesso di umidità o danni dovuti al gelo lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'ESECUTORE.

Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti o vibranti gommati, tuttisequenti.

L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere, determinate dalla DL con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere (prove di costipamento), tali da portare alla eventuale taratura dei mezzi costipanti.

Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino a ottenere una densità in sito non inferiore al 98 % della densità massima fornita dalla prova AASHTO modificata (UNI EN 13286-2/2010)

Il modulo di deformazione, misurato mediante prova di carico su piastra, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0,15 MPa – 0,25 MPa, non dovrà essere inferiore a 50MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0,45 (CNR-BU n. 146/92).

La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllata a mezzo di un regolo di 4,5 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali. Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

Per quanto riguarda il controllo delle lavorazioni si richiamano espressamente le norme di cui al par. 13.8.4.1.4 "Norme di controllo delle lavorazioni"

13.8.3.3 Strati in conglomerato bituminoso di base, binder e usura

Il conglomerato è costituito da una miscela di inerti nuovi (ghiaie, pietrischi, graniglie, sabbie ed additivi) impastata a caldo con bitume semisolido di cui al par. 13.8.2.1 "Leganti bituminosi di base e modificati" di seguito denominato "Bitume", in impianti di tipo fisso automatizzati. Il conglomerato per i vari strati (base, binder, usura) è posto in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato. Ai fini del loro impiego i conglomerati bituminosi dovranno avere la marcatura CE di cui al par. 13.5.1.

1.3.1.1.54. *Leganti bituminosi, emulsioni e loro modificati*

Si dovrà fare riferimento a quanto previsto nel par. 13.8.2.1 "Leganti bituminosi di base e modificati" e par. 13.8.2.2 "Emulsioni bituminose".

1.3.1.1.55. *Materiali inerti*

Gli inerti dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, di forma poliedrica, puliti esenti da polvere e da materiali estranei secondo le norme UNI EN 13043.

Gli elementi litoidi non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

La miscela degli inerti è costituita dall'insieme degli aggregati grossi e dagli aggregati fini ed eventuali additivi (filler) secondo la definizione delle norme UNI EN 13108-1. Ai fini dell'impiego è obbligatoria l'attestazione di conformità (CE) da parte del produttore relativamente ai requisiti richiesti.

Per l'aggregato grosso (pezzature da 31,5 a 4 mm), per quanto concerne il valore di levigabilità dovuto alla miscela di aggregati vale quanto di seguito riportato:

Per le miscele di aggregati da impiegare per gli strati superficiali, esclusivamente sugli aggregati che presentano trattenuto al setaccio 2mm, si calcola l'indice PSVmix.

Il PSVmix è un indice determinato in base ai valori del PSV delle singole pezzature con le relative masse volumiche apparenti (MVA,) così da valutare l'aderenza sulla superficie stradale "pesata" in base al contributo "volumetrico" dei vari aggregati presenti.

A partire dalle percentuali in peso di impiego (% inerte 1, % inerte 2, ecc.):

- si misurano le masse volumiche apparenti MVA (MVA1, MVA2, ecc.) di tutte le pezzature che presentano trattenuto al setaccio 2mm;
- per ogni pezzatura si escludono le percentuali di impiego passanti al setaccio 2mm, si sommano le percentuali di trattenuto uguali o superiori al 2mm e la risultante si moltiplica per la percentuale di impiego;
- si riporta la somma a 100 per avere le nuove percentuali di impiego "trattenute al 2mm";
- le nuove percentuali di impiego vengono trasformate in percentuali volumetriche (VOLi) utilizzando le MVA e riportate anch'esse a 100%

Il PSVmix si calcola sommando il prodotto della percentuale volumetrica di ogni pezzatura (compresa la sabbia) utilizzata per il relativo valore di PSV diviso per 100:

$$PSV_{mix} = \sum_i (PSV_i \cdot VOL_i) / 100$$

1.3.1.1.56. *Strato di base*

a) Aggregati

I requisiti di accettazione degli aggregati impiegati per lo strato di base dovranno essere conformi a quanto previsto nelle norme UNI EN 13043 e UNI EN 13055-2 per gli aggregati leggeri.

Per il prelevamento dei campioni destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione vale la norma UNI EN 932 – 1 mentre per le modalità di esecuzione delle prove stesse valgono le normative riportate nel par. 13.8.4.2 “Misto granulare stabilizzato per fondazione e sottofondazione”.

L'aggregato grosso (pezzature da 4 a 31,5 mm) dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei che non dovranno avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

Le caratteristiche degli elementi che compongono la frazione grossa dovranno essere le seguenti:

- perdita di massa alla prova di abrasione Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature, inferiore al 25% del totale UNI EN 1097-2;
- il coefficiente di appiattimento, escluso la massa di aggregati con pezzature inferiore a 4 mm, determinato in accordo alla UNI EN 933-3, deve essere inferiore o uguale a 15;
- inerti frantumati (privi di facce tonde) in percentuale superiore al 70% in peso;
- coefficiente di imbibizione (EN 13755) inferiore a 1%;

L'aggregato fino (pezzature inferiori a 4 mm) dovrà essere costituito da sabbie naturali e di frantumazione; la percentuale di queste ultime verrà determinata in relazione ai valori di scorrimento delle prove Marshall, ma comunque non dovrà essere inferiore al 70% della miscela delle sabbie che dovranno rispondere al seguente requisito:

- equivalente in sabbia determinato secondo UNI EN 933-8 non inferiore a 70;

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- alla prova UNI EN 933-10 dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:
- setaccio UNI 2 mm passante in peso 100%
- setaccio UNI n. 0,125 passante in peso 85 - 100%
- setaccio UNI n. 0,063 passante in peso 70 - 100%
- palla e anello (filler/bitume = 1.5) (UNI EN 13179-1): $\Delta R \& B > 5\%$

L'ESECUTORE dovrà eseguire le prove di verifica delle caratteristiche sopra richieste alla qualificazione e ogni 500 m³ di conglomerato bituminoso fornito.

Nella confezione dei conglomerati bituminosi dei vari strati possono essere impiegate speciali sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume-aggregato (agenti tensioattivi di adesività). Potranno essere impiegati negli strati di base e di collegamento mentre per quello di usura lo saranno a esclusivo giudizio del Direttore dei Lavori e senza che l'ESECUTORE possa chiedere compensi od indennizzi di sorta in quanto l'onere è compreso e compensato nei prezzi delle voci di tariffa.

Dovrà essere scelto tra i prodotti in commercio quello che, sulla base di prove comparative effettuate presso Laboratori, approvati da FERROVIE, avrà dato i migliori risultati e conservi le caratteristiche chimiche anche se sottoposto a temperature elevate e prolungate.

La presenza degli agenti tensioattivi nel legante bituminoso dovrà essere accertata mediante prova di

separazione cromatografica su stratosottile.

Il dosaggio potrà variare in relazione alle condizioni di impiego, alla natura degli aggregati e alle caratteristiche del prodotto, tra lo 0,3% e lo 0,6% rispetto alla massa del bitume.

I tipi, i dosaggi e le tecniche d'impiego dovranno ottenere il preventivo benessere della Direzione Lavori.

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume dovrà essere realizzata con idonee attrezzature tali da garantirne la loro perfetta dispersione e l'esatto dosaggio.

b) Legante bituminoso

Il legante bituminoso dovrà avere le caratteristiche indicate al par. 13.8.2.1 "Leganti bituminosi di base e modificati".

c) Miscela

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica determinata in conformità con la UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2 utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base +2 e compresa nei fusi di seguito elencati e una percentuale di bitume riferita al peso della miscela, compresa tra i sotto indicati intervalli per i diversi tipi di conglomerato.

Composizioni granulometriche indicative (fusi da usare come limiti nelle curve di progetto).

Il tenore di bitume dovrà essere compreso tra il 3,8% e 5,2% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 8 e 18 cm.

Il conglomerato bituminoso di base dovrà avere i seguenti requisiti:

- la miscela degli aggregati da adottarsi dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso indicato nella Tab. 13.8.5:

Tab. 13.8.5 Fuso granulometrico per conglomerato bituminoso di base

MISCELA	Passante
Serie setacci UNI	% totale in massa
Setaccio31,5	100
Setaccio20	68 - 88
Setaccio16	55 - 78
Setaccio8	36 - 60
Setaccio4	25 - 48
Setaccio2	18 - 38
Setaccio0,5	8 - 21
Setaccio0,25	5 - 16
Setaccio0,063	4 - 8

- il valore della Stabilità Marshall UNI EN 12697-34 eseguita a 60° C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia, non deve risultare inferiore a 8 kN; inoltre il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra la Stabilità misurata in kN e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere superiore a 2,5 kN/mm;
- gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa fra 4% e 7%.
- la perdita di stabilità Marshall non deve risultare superiore al 25% (ottenuta dal confronto della stabilità Marshall originaria con quella misurata su provini mantenuti per 24 ore in acqua a 60° C);
- la resistenza a trazione indiretta determinata mediante prova Brasiliana (UNI EN 12697-23) non deve risultare minore di 0.5 N/mm².

I provini per le misure di stabilità, rigidità e trazione indiretta dovranno essere confezionati presso l'impianto di produzione e/o presso la stesa.

La temperatura all'atto della compattazione dovrà essere uguale a quella della stesa.

d) Controllo dei requisiti di accettazione

L'ESECUTORE ha l'obbligo di fare eseguire tutte le prove sperimentali richieste sui campioni di aggregato e di legante per la relativa accettazione.

L'ESECUTORE è tenuto a presentare con almeno 30 giorni di anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, lo studio delle miscele che intende adottare, secondo il metodo Marshall.

Ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione delle determinazioni effettuate in laboratorio, attraverso le quali l'ESECUTORE avrà ricavato la composizione ottimale.

La Direzione Lavori si riserva di approvare le miscele o di fare eseguire nuove sperimentazioni.

L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'ESECUTORE, relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

Non saranno ammesse variazioni delle singole percentuali del contenuto di aggregato, per il passante maggiore o uguale al 2mm, superiori ai valori sotto riportati:

- ± 5% per lo strato di base;
- ± 3% per gli strati di binder ed usura.

Per il passante minore di 2mm e maggiore di 0,063, non saranno ammesse variazioni delle singole percentuali del contenuto di aggregato superiori a ± 3%.

Per il passante al setaccio 0,063 mm, ± 1,5%.

Per la percentuale di bitume non sarà tollerato uno scostamento da quella di progetto di ± 0,25% e sempre contenuta nei limiti indicati per ciascuna miscela.

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto come pure dall'esame delle carote prelevate in sito tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

In ogni cantiere di lavoro dovrà essere installato a cura e spese dell'ESECUTORE un laboratorio idoneamente attrezzato per le prove e i controlli in corso di produzione e finali, condotto da personale appositamente addestrato.

In quest'ultimo laboratorio dovranno essere effettuate, quando necessarie e almeno con frequenza

giornaliera:

- la verifica granulometrica dei singoli aggregati approvvigionati in cantiere e quella degli aggregati stessi all'uscita dei vagli di riclassificazione;
- la verifica della composizione del conglomerato che andrà effettuata mediante estrazione del legante con ignizione o sistemi a solvente dalla quale verrà ricavata la granulometria e la percentuale di legante, prelevando il conglomerato all'uscita del mescolatore o dietro finitrice;
- la verifica delle caratteristiche Marshall del conglomerato e precisamente:
 - massa volumica UNI EN 12697-9;
 - percentuale di vuoti UNI EN 12697-8;
 - stabilità e rigidità Marshall UNI EN 12697-34;
 - la verifica dell'umidità residua degli aggregati all'uscita dall'essiccatore e ogni altro controllo ritenuto opportuno dalla Direzione Lavori.

Inoltre saranno effettuati i seguenti controlli:

- taratura delle bilance e dei termometri dell'impianto (mensile);
- verifica delle caratteristiche del bitume.

In particolare la verifica delle caratteristiche del bitume dovrà essere fatta almeno una volta a settimana con prelievi a norma UNI EN 58 sulle cisterne di stoccaggio dell'impianto; all'atto del prelievo sul campione verrà indicata la quantità Q (in tonnellate) della fornitura a cui il prelievo si riferisce.

In corso d'opera e in ogni fase delle lavorazioni la Direzione Lavori effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche, prove e controlli, atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

e) Confezione delle miscele

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi automatizzati, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità per non pregiudicare il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela e una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati; resta pertanto escluso l'uso dell'impianto a scarico diretto.

L'impianto dovrà comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

Il dosaggio dei costituenti della miscela dovrà essere eseguito a massa mediante idonea apparecchiatura la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta e a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati sarà preventivamente e convenientemente sistemata per eliminare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si dovrà far uso di almeno 4 classi di aggregati in tramogge con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

Il tempo di mescolazione effettivo sarà stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto e dell'effettiva temperatura raggiunta dai costituenti la miscela, in misura tale da permettere un

completo e uniforme rivestimento degli aggregati con il legante; comunque esso non dovrà mai scendere al di sotto dei 30 secondi.

La temperatura degli aggregati all'atto della mescolazione dovrà essere compresa tra 150° e 170° C mentre quella del legante dovrà essere 5 °C superiore a quella degli aggregati salvo diverse disposizioni del Progettista in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge “calde” degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e tarati mensilmente.

L'umidità residua degli aggregati all'uscita del tamburo essiccatore non dovrà di norma superare lo 0,5%.

f) Trasporto e posa in opera delle miscele

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni. La percorrenza stradale dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa non dovrà essere superiore a 70 Km.

Prima della stesa del conglomerato sullo strato di fondazione, per garantire l'adesione, si dovrà provvedere alla rimozione della sabbia e/o parti fini eventualmente presenti e alla stesa di una mano di primer bituminoso in ragione di almeno 1,0 – 1,5 kg/m².

Qualora si dovesse procedere alla stesa in doppio strato, i due strati dovranno essere sovrapposti nel più breve tempo possibile; tra di essi dovrà essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa acida o bitume preferibilmente modificato in ragione di 0,6÷1,2 (rif. par. 13.8.2.1 “Leganti bituminosi di base e modificati” 13.8.2.2 “Emulsioni bituminose”).

Tra i vari strati deve comunque essere sempre prevista la mano di attacco.

La miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della fondazione dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultima ai requisiti richiesti di quota, sagoma, densità e portanza previsti alle relative voci.

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici del tipo approvato dalla Direzione Lavori, in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. La DL si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazioni degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione di giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di 2 o più finitrici.

Qualora ciò non fosse possibile, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa acida (rif. par. 13.8.2.1 “Leganti bituminosi di base e modificati” 13.8.2.2 “Emulsioni bituminose”), al 55% in massa, per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre dopo taglio e asportazione della parte terminale di azzeramento, mentre sui giunti di inizio lavorazione si dovrà provvedere all'asporto dello strato sottostante mediante fresatura.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 10 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Nel caso la lavorazione interessi tratti in cui siano presenti giunti di dilatazione (giunti a tampone,

acciaio gomma ecc.) per viadotti o ponti, la lavorazione deve essere complanare (mediante fresatura e /o rimozione del conglomerato adiacente al giunto) per avere una superficie viabile con elevate caratteristiche di planarità.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, non dovrà essere inferiore a 140°C. Nel caso di conglomerati bituminosi confezionati con bitume modificato la temperatura di stesa non dovrà essere inferiore a 160 °C.

La stesa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro, in particolare quando la temperatura dell'aria scende sotto 5°C; gli strati eventualmente compromessi, con densità inferiori a quelle richieste, dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a cura e spese dell'ESECUTORE. La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare subito dopo la stesa con vibrofinitrice e condotta a termine senza soluzione di continuità.

La compattazione sarà realizzata di norma a mezzo di rulli tutti semoventi e a rapida inversione di marcia in numero adeguato e aventi massa di almeno 14 t e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

Ugualmente potrà realizzarsi con rulli dei seguentitipi:

- strato di base e di collegamento - rullo combinato vibrante gommato più rullo gommato con almeno sette ruote e peso del rullo di 12 ton;
- strato di usura - rulli gommati e vibranti tandem con peso di almeno 10ton.

Potrà essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 10tonn per le operazioni di rifinitura dei giunti e riprese.

Per lo strato di base a discrezione della DL potranno essere utilizzati rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

L'ESECUTORE prima dell'inizio dell'attività di stesa (almeno 15 giorni) dovrà presentare alla Direzione Lavori, per approvazione, una relazione, o un'Istruzione operativa, nella quale venga descritto il sistema di compattazione, elencando il numero dei rulli, le loro caratteristiche tecniche, la velocità durante la compattazione ed i tempi o le temperature d'inizio compattazione. Il sistema di stesa e compattazione e le caratteristiche, in opera, del conglomerato bituminoso dovranno essere qualificate, sulla base dell'Istruzione operativa, realizzando uno strato di prova dello stesso spessore e larghezza, di lunghezza non inferiore a 25 m.

g) Controlli finali

Per ogni lavorazione descritta nel presente Capitolato sono indicati i mezzi più adatti per eseguire un buon costipamento.

A riprova della presenza e del buon uso dei sistemi di compattazione dei diversi strati presenti in opera la percentuale dei vuoti (rilevabile da carotaggi) dovrà risultare nei limiti della Tab. 13.8.6 seguente:

Tab. 13.8.6 Limiti percentuale dei vuoti

Lavorazioni	% dei vuoti (Vm : UNI EN 12697-8)	
	min.	max.

Base	3	9
Binder	3	8
Usure A e B	3	8

Le verifiche potranno essere fatte anche in corso d'opera con possibilità di richiesta da parte della DL di variazione del sistema di compattazione.

Al termine della compattazione lo strato di base dovrà avere una densità uniforme, in tutto lo spessore, non inferiore al 98% di quella Marshall dello stesso giorno, determinata sul materiale prelevato all'impianto o alla stesa. Tale valutazione, da determinarsi attraverso prove su sei carote di almeno 10 cm di diametro prelevate nei punti indicati dalla DL, sarà eseguita sulla produzione giornaliera secondo UNI EN 12697-9 e almeno ogni 1000 m² realizzati. Il valore risulterà dalla media di due provini che serviranno anche per la determinazione degli spessori finali. Nel caso gli spessori delle carote risultassero inferiori a quelli teorici previsti per lo strato di base si procederà al prelievo di ulteriori 4 carote rappresentative degli stessi 1000 m².

Lo spessore medio di riferimento risulterà dalla media della lunghezza delle 6 carote prelevate. In ogni caso non saranno ammessi sottospessori superiori al 15% dello spessore dello strato.

In caso di non accettabilità dello strato, si dovrà procedere a totale cura e spese dell'ESECUTORE, alla rimozione e al rifacimento delle parti difettose.

Sulle carote dovranno inoltre essere determinati:

- contenuto di bitume;
- granulometria degli aggregati;
- percentuale dei vuoti residui;
- trazione indiretta Brasiliana.

La superficie degli strati dovrà presentarsi priva di irregolarità e ondulazioni.

Un'asta rettilinea lunga 4,50 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato dovrà aderirvi uniformemente; saranno tollerati scostamenti contenuti nel limite di 10 mm, il tutto nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto, Tale controllo dovrà essere ripetuto ogni 1000 m² di pavimentazione finita.

1.3.1.1.57. *Strato di collegamento (binder) e strato di usura*

a) Aggregati

aa. Strato di collegamento (binder):

Per lo strato di collegamento (binder) valgono le seguenti prescrizioni:

I requisiti di accettazione degli aggregati impiegati per lo strato di collegamento dovranno essere conformi a quanto previsto dalle norme UNI EN 13043 e UNI EN 13055-2 per gli aggregati leggeri.

Per il prelievo dei campioni destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione vale la norma UNI EN 932 – 1 mentre per le modalità di esecuzione delle prove stesse valgono le normative di riportate nei par.13.8.2.1 “Leganti bituminosi di base e modificati” 13.8.2.2 “Emulsioni bituminose” e comunque funzione delle caratteristiche degli aggregati stessi richieste.

L'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, a superficie ruvida,

puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei che non dovranno avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

Le caratteristiche degli elementi che compongono la frazione grossa dovranno essere le seguenti:

- perdita di massa alla prova di abrasione Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature, inferiore al 25% del totale UNI EN 1097-2
- coefficiente di appiattimento, escluso la massa di aggregati con pezzature inferiore a 4 mm, determinato in accordo alla UNI EN 933-3, deve essere inferiore o uguale a 15;
- esclusivo impiego di inerti frantumati (privi di facce tonde);
- coefficiente di imbibizione (UNI EN 13755) inferiore a 1%;

L'aggregato fino dovrà essere costituito da sabbie naturali e di frantumazione; la percentuale di queste ultime verrà determinata in relazione ai valori di scorrimento delle prove Marshall, ma comunque non dovrà essere inferiore al 70% della miscela delle sabbie che dovranno rispondere al seguente requisito:

- equivalente in sabbia determinato secondo UNI EN 933-8 non inferiore a 70.

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- alla prova UNI EN 933-10 dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:

setaccio UNI 2 mm	passante in peso 100%
setaccio UNI n. 0,125	passante in peso 85 - 100%
setaccio UNI n. 0,063	passante in peso 70 - 100%

- palla e anello (filler/bitume=1.5) (UNI EN 13179-1): $\Delta R \& B > 5\%$

L'ESECUTORE dovrà eseguire le prove di verifica delle caratteristiche sopra richieste alla qualificazione e ogni 500 m³ di conglomerato bituminoso fornito.

Nella confezione dei conglomerati bituminosi dei vari strati possono essere impiegate speciali sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume-aggregato (agenti tensioattivi di adesività). Potranno essere impiegati negli strati di base e di collegamento mentre per quello di usura lo saranno a esclusivo giudizio del Direttore dei Lavori e senza che l'ESECUTORE possa chiedere compensi o indennizzi di sorta in quanto l'onere è compreso e compensato nei prezzi delle voci di tariffa.

Dovrà essere scelto tra i prodotti in commercio quello che, sulla base di prove comparative effettuate presso Laboratori autorizzati dal Direttore dei Lavori, avrà dato i migliori risultati e conservi le caratteristiche chimiche anche se sottoposto a temperature elevate e prolungate.

La presenza degli agenti tensioattivi nel legante bituminoso dovrà essere accertata mediante prova di separazione cromatografica su strato sottile.

Il dosaggio potrà variare in relazione alle condizioni di impiego, alla natura degli aggregati e alle caratteristiche del prodotto, tra lo 0,3% e lo 0,6% rispetto alla massa del bitume.

I tipi, i dosaggi e le tecniche di impiego dovranno ottenere il preventivo benestare della Direzione Lavori.

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume dovrà essere realizzata con idonee attrezzature tali da garantirne la loro perfetta dispersione e l'esatto dosaggio.

ab. Strato di usura:

Per lo strato di usura valgono le seguenti prescrizioni:

I requisiti di accettazione degli aggregati impiegati per lo strato di usura dovranno essere conformi

a quanto previsto dalle norme UNI EN 13043 e UNI EN 13055-2 per gli aggregati leggeri.

Per il prelevamento dei campioni destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione vale la norma UNI EN 932 – 1 mentre per le modalità di esecuzione delle prove stesse valgono le normative di riportate nel par.13.8.2.1 “Leganti bituminosi di base e modificati”, 13.8.2.2 “Emulsioni bituminose” e comunque funzione delle caratteristiche degli aggregati stessi richieste.

L'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei che non dovranno avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

Le caratteristiche degli elementi che compongono la frazione grossa dovranno essere le seguenti:

- perdita di massa alla prova di abrasione Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature, inferiore al 20% del totale UNI EN 1097-2;
- il coefficiente di appiattimento, esclusa la massa di aggregati con pezzature inferiore a 4 mm, determinato in accordo alla UNI EN 933-3, deve essere inferiore o uguale a 15;
- Esclusivo impiego di inerti frantumati (privi di facce tonde);
- coefficiente di imbibizione (UNI EN 13755) inferiore a 1%;
- resistenza alla levigatezza pari a PSV= 44 (UNI EN 1097-8), calcolato col metodo del PSVmix;
- resistenza al gelo/disgelo inferiore o uguale a 1% (UNI EN 1367-1)

L'aggregato fino dovrà essere costituito da sabbie naturali e di frantumazione; la percentuale di queste ultime verrà determinata in relazione ai valori di scorrimento delle prove Marshall, ma comunque non dovrà essere inferiore al 70% della miscela delle sabbie che dovranno rispondere al seguente requisito:

- equivalente in sabbia determinato secondo UNI EN 933-8 non inferiore a 70.

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- alla prova UNI EN 933-10 dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:
 - setaccio UNI 2 mm passante in peso 100%
 - setaccio UNI n. 0,125 passante in peso 85 - 100%
 - setaccio UNI n. 0,063 passante in peso 70 - 100%
- palla e anello (filler/bitume=1.5) (UNI EN 13179-1): $\Delta R \& B > 5\%$

L'ESECUTORE dovrà eseguire le prove di verifica delle caratteristiche sopra richieste alla qualificazione e ogni 500 m³ di conglomerato bituminoso fornito.

Nella confezione dei conglomerati bituminosi dei vari strati possono essere impiegate speciali sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume-aggregato (agenti tensioattivi di adesività). Potranno essere impiegati negli strati di base e di collegamento mentre per quello di usura lo saranno a esclusivo giudizio del Direttore dei Lavori e senza che l'ESECUTORE possa chiedere compensi od indennizzi di sorta in quanto l'onere è compreso e compensato nei prezzi delle voci di tariffa.

Dovrà essere scelto tra i prodotti in commercio quello che sulla base di prove comparative effettuate presso Laboratori autorizzati dal Direttore dei Lavori avrà dato i migliori risultati e conservi le caratteristiche chimiche anche se sottoposto a temperature elevate e prolungate.

La presenza degli agenti tensioattivi nel legante bituminoso dovrà essere accertata mediante prova di separazione cromatografica su strato sottile.

Il dosaggio potrà variare in relazione alle condizioni di impiego, alla natura degli aggregati e alle caratteristiche del prodotto, tra lo 0,3% e lo 0,6% rispetto alla massa del bitume.

I tipi, i dosaggi e le tecniche di impiego dovranno ottenere il preventivo benestare della Direzione Lavori.

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume dovrà essere realizzata con idonee

attrezzature tali da garantirne la loro perfetta dispersione e l'esatto dosaggio.

b) Legante

Il legante bituminoso dovrà avere le caratteristiche indicate al par. par.13.8.2.1 "Leganti bituminosi di base e modificati".

c) Miscela

Le miscele degli aggregati nel caso di strato di collegamento e tappeto di usura dovranno avere rispettivamente la composizione granulometrica contenuta nei fusi della Tab. 13.8.7:

Tab. 13.8.7 Fuso granulometrico per strato di collegamento e tappeto di usura

MISCELA Serie setacci UNI	Passante % totale in massa		
	Binder	Strato di usura tipo A	Strato di usura tipo B
Setaccio20	100	-	-
Setaccio16	90 - 100	100	-
Setaccio12,5	66 - 86	90 - 100	100
Setaccio8	52 - 72	70 - 88	90 - 100
Setaccio4	34 - 54	40 - 58	44 - 64
Setaccio2	25 - 40	25 - 38	28 - 42
Setaccio0,5	10 - 22	10 - 20	12 - 24
Setaccio0,25	6 - 16	8 - 16	8 - 18
Setaccio0,063	4 - 8	6 - 10	6 - 10

Le caratteristiche degli strati saranno:

- Per il binder, quantità di bitume riferito alla miscela in rapporto al 4,1%-5,5% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 4 e 8 cm;
- Per gli strati di usura, quantità di bitume riferiti alla miscela in rapporto al 4,5%-6,1% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 4 e 6 cm per l'usura tipo A e 3 cm per il tipo B.

Il tenore di bitume riferito alla massa totale degli aggregati dovrà comunque essere il minimo che consenta il raggiungimento dei valori di Stabilità Marshall e compattezza richiesti.

Il conglomerato bituminoso dello strato di collegamento e del tappeto di usura dovrà avere i requisiti indicati nella Tab. 13.8.8:

Tab. 13.8.8 Requisiti fisico-meccanici dello strato di binder e del tappeto di usura

Caratteristiche	Norma di riferimento	Strato di collegamento	Tappeto di usura
a) Stabilità Marshall (kN)	UNI EN 12697-34	≥ 10	≥ 12
b) Scorrimento (mm)	UNI EN 12697-34	$1 \div 4$	$1 \div 3,5$
c) Rigidità (a/b)	UNI EN 12697-34	$> 3,5$	$> 5,0$
d) Vuoti residui (%)	UNI EN 12697-8	≥ 3 e ≤ 6	≥ 4 e ≤ 6
e) Perdita stabilità Marshall (%)	UNI EN 12697-23	≤ 25	≤ 25
f) Prova trazione indiretta (brasiliiana)		0,6	0,7

Per la preparazione dei provini valgono le stesse prescrizioni indicate per il conglomerato di base al par. 13.8.4.3.3 "Strato di base"

Nel caso di impiego di bitumi modificati dovranno essere eseguite, per ogni 1.000 m² di pavimentazione finita, le seguenti prove con i relativi limiti di accettazione:

- deformazione mediante prova d'impronta a 60°C, per un'ora, minore di 2,5 mm (CNR-BU n.136);
- prova di trazione indiretta a 25 °C maggiore di 1,2 N/mm²(UNI EN 12697-23).

Nel caso in cui la prova Marshall venga effettuata a titolo di controllo della stabilità del conglomerato prodotto, i relativi provini dovranno essere confezionati con materiale prelevato presso l'impianto di produzione e immediatamente costipato senza alcun ulteriore riscaldamento. In tal modo la temperatura di costipamento consentirà anche il controllo delle temperature operative.

d) Controllo dei requisiti di accettazione

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base al par. 13.8.4.3.3-d).

e) Confezionamento delle miscele

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base al par. 13.8.4.3.3-e).

f) Trasporto e posa in opera delle miscele

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base al par. 13.8.4.3.3-f).

g) Controlli finali

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base al par. 13.8.4.3.3-g).

13.9. SUB – BALLAST

Lo strato di sub-ballast dovrà essere eseguito con conglomerato bituminoso impastato a caldo in adatto impianto di miscelazione di tipo stradale, steso in opera in strato finito compreso tra 8 cm e 12 cm con macchina vibrofinitrice e costipato con idonei rulli metallici e gommati, secondo le caratteristiche e modalità indicate nel seguito.

Soltanto in caso d'interventi particolari, in manutenzione straordinaria, potrà utilizzarsi sub-ballast in misto cementato, con caratteristiche analoghe a quelle indicate nel par. 13.8.4.1 "Fondazione in misto cementato confezionato in centrale". In quest'ultimo caso, salvo diversa indicazione del progettista, il misto cementato dovrà essere steso in strato dello spessore finito di 20 cm dando alla superficie superiore la pendenza trasversale, a partire dall'asse, del 3,5%. Tale strato dovrà essere protetto sulla superficie superiore con emulsione bituminosa con contenuto del 50% di bitume e in ragione di 1,5 Kg/m². All'occorrenza lo strato di misto cementato dovrà essere steso con piani di ripresa verticali.

13.9.1. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI COSTITUENTI

Il conglomerato è costituito da una miscela di inerti nuovi (ghiaie, pietrischi, graniglie, sabbie ed additivi) impastata a caldo con bitume semisolido di cui al par. 13.8.2.1 "Leganti bituminosi di base e modificati" di seguito denominato "Bitume", in impianti di tipo fisso automatizzati. Ai fini del loro impiego i conglomerati bituminosi dovranno avere la marcatura CE di cui al par. 13.5.1 "CARATTERISTICHE DEI MATERIALI".

13.9.1.1 Materiali inerti

Gli inerti dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, di forma poliedrica, puliti esenti da polvere e da materiali estranei secondo le norme UNI EN 13043.

Gli elementi litoidi non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

La miscela degli inerti è costituita dall'insieme di aggregati grossi e di aggregati fini e di eventuali additivi (filler) secondo la definizione delle norme UNI EN 13108-1. Ai fini dell'impiego è obbligatoria l'attestazione di conformità (CE) da parte del produttore relativamente (almeno) ai requisiti richiesti.

13.9.1.2 Aggregati

I requisiti di accettazione degli aggregati impiegati dovranno essere conformi a quanto previsto alle norme UNI EN 13043 e UNI EN 13055-2 per gli aggregati leggeri.

Per il prelevamento dei campioni destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione vale la norma UNI EN 932 – 1 mentre per le modalità di esecuzione delle prove stesse valgono le normative riportate nel par. 13.8.4.2 "Misto granulare stabilizzato per fondazione e sottofondazione" e comunque in funzione delle caratteristiche degli aggregati stessi richieste.

L'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei e non dovranno avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

Le caratteristiche degli elementi che compongono la frazione grossa dovranno essere le seguenti:

- perdita di massa alla prova di abrasione Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature, inferiore al 30% del totale (UNI EN 1097-2)

- coefficiente di appiattimento, esclusa la massa di aggregati con pezzature inferiore a 4 mm, determinato in accordo alla UNI EN 933-3, inferiore o uguale a 15;
- coefficiente di imbibizione (EN 13755) inferiore a 1%.

L'aggregato fino dovrà essere costituito da sabbie naturali e/o di frantumazione che si integrino opportunamente dal punto di vista granulometrico. La percentuale di queste ultime verrà determinata in relazione ai valori di scorrimento delle prove Marshall ma, comunque, non dovrà essere inferiore al 70%. La miscela dovrà essere inoltre caratterizzata da un valore di "equivalente in sabbia" non inferiore a 70 (UNI EN 933-8).

Gli eventuali additivi dovranno essere perfettamente asciutti e privi di agglomerazioni provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, polveri d'asfalto e dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- passante in massa al setaccio UNI 0,60 (ASTM n. 30) 100%
- passante in massa al setaccio UNI 0,15 (ASTM n. 100) ≥ 90%;
- passante in massa al setaccio UNI 0,063 (ASTM n 200) ≥ 70%.

L'analisi granulometrica dovrà essere eseguita per via umida.

L'ESECUTORE dovrà eseguire le prove di verifica delle caratteristiche soprarichieste alla qualificazione e ogni 500 m³ di conglomerato bituminoso fornito.

Nel caso di aggregati di natura acida dovranno essere impiegate speciali sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume - aggregato (agenti tensioattivi di adesività) secondo le percentuali ottimali previste per ciascun tipo di attivante senza che l'ESECUTORE possa chiedere compensi od indennizzi disorta.

Dovrà essere scelto tra i prodotti in commercio quello che sulla base di prove comparative effettuate presso Laboratori qualificati dal Direttore dei Lavori avrà dato i migliori risultati e conservi le caratteristiche chimiche anche se sottoposto a temperature elevate e prolungate.

La presenza degli agenti tensioattivi nel legante bituminoso dovrà essere accertata mediante prova di separazione cromatografica su strato sottile.

Il dosaggio potrà variare in relazione alle condizioni di impiego, alla natura degli aggregati e alle caratteristiche del prodotto, tra lo 0,3% e lo 0,6% rispetto alla massa del bitume.

I tipi, i dosaggi e le tecniche di impiego dovranno ottenere il preventivo benessere della Direzione Lavori.

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume dovrà essere realizzata con idonee attrezzature tali da garantirne la loro perfetta dispersione e l'esatto dosaggio.

13.9.1.3 Legante bituminoso, caratteristiche di confezionamento e controllo delle miscele

Il legante bituminoso, di norma, dovrà essere del tipo 50/70 e avere le caratteristiche indicate nella Tab. 13.8.1 Caratteristiche dei bitumi di base.

Quando necessario, il conglomerato bituminoso può essere additivato senza richiesta di maggiori compensi, con elastomeri o con inerti speciali (loppe di altoforno, ecc..). I tratti in cui viene effettuata tale additivazione devono essere preventivamente concordati con le FERROVIE alle quali devono essere comunicate le caratteristiche dei materiali che si intendono impiegare, i relativi dosaggi ottimali nonché i miglioramenti effettivi che si intendono raggiungere. Comunque l'aggiunta dell'elastomero va effettuata durante la miscelazione dell'impasto, mediante una pompa dosatrice o altro sistema idoneo a non alterare la stabilità dell'elastomero; l'immissione di questo deve avvenire dopo l'inizio della spruzzatura del bitume e terminare in tempo utile per consentire l'uniforme mescolamento finale dell'impasto. Il conglomerato bituminoso,

additivato con elastomero richiede temperatura di impasto, stesa e rullatura più elevata di almeno 10 °C rispetto a quella del conglomerato normale. Nel laboratorio di cantiere o comunque in laboratorio devono essere effettuate prove del complesso delle caratteristiche dei componenti della miscela e del conglomerato finito con la frequenza stabilita dal Committente tutte le volte che verrà cambiato l'impianto di produzione.

13.9.2. MISCELA

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica determinata in conformità con la UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2 utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base +2 e compresa nei fusi di seguito elencati e una percentuale di bitume riferita al peso della miscela, compresa tra i sotto indicati intervalli per i diversi tipi di conglomerato.

Il tenore di bitume riferito alla massa totale degli aggregati dovrà essere compreso tra 4,1% e 4,8%(UNI EN 12697-1 e 39). Il rapporto in peso filler-bitume deve essere compreso tra 1,5 e 2.

Il conglomerato bituminoso per sub-ballast dovrà avere i seguenti requisiti:

- la miscela degli aggregati da adottarsi dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso indicato nella Tab. 13.9.1:

Tab. 13.9.1 Fuso granulometrico per sub-ballast

MISCELA	Passante
Serie setacci UNI	% totale in massa
Setaccio 31,5	100
Setaccio 20	80 - 100
Setaccio 10	54 - 76
Setaccio 4	36 - 56
Setaccio 2	23 - 40
Setaccio 0,5	10 - 22
Setaccio 0,25	8 - 16
Setaccio 0,063	6 - 10

- valore della Stabilità Marshall UNI EN 12697-34 eseguita a 60° C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia, non inferiore a 10 kN e lo scorrimento compreso tra 2,0 e 4,0 mm. Il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra la stabilità misurata in kN e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere superiore a 2,5 kN/mm;
- gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa fra 3% e 6% secondo la UNI EN 12697-8;
- perdita di stabilità Marshall: non superiore al 25% (ottenuta dal confronto della stabilità Marshall originaria con quella misurata su provini mantenuti per 24 ore in acqua a 60° C);
- trazione indiretta con la prova Brasiliana (EN 12697-23) superiore a 8 daN/cm² (prova eseguita su provini Marshall a 20°C e velocità di 51 mm/min);

Il comportamento della miscela ad azioni dinamiche sarà verificato determinando:

- il modulo dinamico a 20° C e a 30° C (frequenza 10 Hertz);
- la resistenza allo scorrimento dinamico: (frequenza 10 Hertz, 2 bar di ampiezza della pressione verticale sinusoidale, a 30° C e con pressione laterale di 1,5 bar).

L'ESECUTORE dovrà prestare particolare attenzione nelle seguenti operazioni:

- gli impasti devono essere preparati in idonei impianti di mescolamento atti ad assicurare la perfetta essiccazione degli inerti ed il loro riscaldamento uniforme alla temperatura di impasto;
- l'efficace separazione, mediante vagliatura, delle varie classi granulometriche e la loro successiva miscelazione con idonee apparecchiature che ne assicurino il preciso dosaggio in peso;
- la separazione della polvere dagli aggregati ed il suo accumulo nell'apposito sito di recupero; tale polvere potrà essere reimpiegata come filler solo se di natura calcarea ed in percentuale tale da coprire non più della metà del fabbisogno totale del filler, comunque subordinatamente all'approvazione di FERROVIE;
- lo stoccaggio del filler extra in apposito silos, la sua uniforme alimentazione ed il suo corretto dosaggio e peso;
- lo stoccaggio del bitume in quantità adeguata alla capacità di produzione dell'impianto, il suo riscaldamento uniforme alla temperatura d'impasto ed il suo corretto dosaggio a peso;
- lo stoccaggio degli eventuali additivi, la loro uniforme alimentazione ed il corretto dosaggio a volume o a peso;
- il miscelamento completo ed uniforme degli inerti con il legante o con gli eventuali additivi. L'impianto di mescolamento deve inoltre essere munito di termometri collegati all'uscita del cilindro essiccatore ed alle tramogge a caldo. Le cisterne del bitume devono essere fornite di sistema di riscaldamento, di tipo adatto ad evitare surriscaldamenti locali nonché di termostato e di termometro. I sistemi di dosaggio, i termometri ed i termostati devono essere verificati periodicamente onde assicurarne sempre la precisione.

13.9.3. CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE

L'ESECUTORE ha l'obbligo di fare eseguire tutte le prove richieste sui campioni di aggregato e di legante per la relativa accettazione.

L'ESECUTORE è tenuto a presentare con almeno 30 giorni di anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione lo studio delle miscele che intende adottare, secondo il metodo Marshall.

Ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione delle determinazioni effettuate in laboratorio, attraverso le quali l'ESECUTORE avrà ricavato la composizione ottimale.

La Direzione Lavori si riserva di approvare le miscele o di fare eseguire nuove sperimentazioni.

L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'ESECUTORE, in merito al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

Non sarà ammessa una variazione del contenuto di aggregato grosso superiore a $\pm 5\%$, di sabbia superiore a $\pm 3\%$ e di additivo superiore a $\pm 1,5\%$ sulla percentuale corrispondente alla curva granulometrica definita nello studio preliminare.

Per la quantità di bitume non sarà tollerato uno scostamento dalla percentuale stabilita maggiore di $\pm 0,3\%$.

In ogni cantiere di lavoro dovrà essere installato a cura e spese dell'ESECUTORE un laboratorio

idoneamente attrezzato per le prove e i controlli in corso di produzione e finali, condotto da personale appositamente addestrato.

In questo laboratorio dovranno essere effettuate, quando necessarie e almeno con frequenza giornaliera:

- la verifica granulometrica dei singoli aggregati approvvigionati in cantiere e quella degli aggregati stessi all'uscita dei vagli di riclassificazione;
- la verifica della composizione del conglomerato (granulometria degli aggregati, percentuale del bitume, percentuale di additivo) prelevando il conglomerato all'uscita del mescolatore o a quella della tramoggia di stoccaggio;
- la verifica delle caratteristiche Marshall del conglomerato e precisamente:
 - massa volumica (UNI EN 12697-9);
 - percentuale di vuoti (UNI EN 12697-8);
 - stabilità e rigidità Marshall (UNI EN 12697-34);
 - umidità residua degli aggregati all'uscita dall'essiccatore;
 - ogni altro controllo ritenuto opportuno dalla

Direzione Lavori. Inoltre saranno effettuati i seguenti

controlli:

- taratura delle bilance e dei termometri dell'impianto (mensile);
- caratteristiche del bitume (settimanale).

In cantiere dovrà essere tenuto apposito registro numerato e vidimato dalla Direzione Lavori sul quale l'ESECUTORE dovrà giornalmente registrare tutte le prove e i controlli effettuati.

In corso d'opera e in ogni fase delle lavorazioni la Direzione Lavori effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche, prove e controlli, atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

13.9.4. CONFEZIONE DELLE MISCELE

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi automatizzati, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità per non pregiudicare il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela e una perfetta vagliatura che assicuri un'ideale riclassificazione delle singole classi degli aggregati; resta pertanto escluso l'uso dell'impianto a scarico diretto.

L'impianto dovrà comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

Il dosaggio dei costituenti della miscela dovrà essere eseguito a massa mediante idonea apparecchiatura la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta e a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati sarà preventivamente e convenientemente sistemata per eliminare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Il tempo di miscelazione effettivo sarà stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto e

dell'effettiva temperatura raggiunta dai costituenti la miscela, in misura tale da permettere un completo e uniforme rivestimento degli aggregati con il legante; comunque esso non dovrà mai scendere al di sotto dei 30 secondi.

Le temperature d'impasto devono essere, di norma, salvo diverse disposizioni del Progettista in rapporto al tipo di bitume impiegato, le seguenti:

- bitume 170° ± 10 C
- aggregati 165 ° ± 10 C
- filler ambiente
- additivi ambiente

Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge “calde” degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e tarati mensilmente.

L'umidità residua degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà di norma superare lo 0,2%.

13.9.5. TRASPORTO E POSA IN OPERA DELLE MISCELE

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto a cassone metallico a perfetta tenuta, di adeguata portata, puliti, efficienti e comunque sempre dotati di coperture per evitare raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni. Per evitare l'adesione dell'impasto al fondo e alle pareti del cassone, questi possono essere umettati con olio o gasolio, avendo però cura di asportare ogni eccesso di tali materiali onde evitare l'inquinamento dell'impasto. La percorrenza stradale dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa non dovrà essere superiore a 70 Km.

Prima della stesa del conglomerato sullo strato di supercompattato, per garantire l'adesione, si dovrà provvedere alla rimozione della sabbia e/oparti fini eventualmente presenti.

La miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della piattaforma dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultima ai requisiti richiesti di quota, sagoma, densità e portanza previsti nella sezione 5 “Opere in terra e scavi” del presente Capitolato.

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici munite di piastre vibranti riscaldate, del tipo approvato dalla Direzione Lavori, in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento atti ad assicurare che la superficie finale dello strato steso e compatto risulti perfettamente sagomata e conforme ai profili ed alle pendenze in progetto.

La DL si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazioni degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione di giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di 2 o più finitrici.

Qualora ciò non fosse possibile, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa acida, al 55% in massa, per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulta danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre dopo taglio e asportazione della parte terminale di azzeramento, mentre sui giunti d'inizio lavorazione si dovrà provvedere all'asporto dello strato sottostante mediante fresatura.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno cm 20.

Nel caso che l'ESECUTORE scelga di realizzare lo strato di 12 cm in un'unica stesa ma su metà piattaforma, il giunto longitudinale deve coincidere con l'asse piattaforma.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, non dovrà essere inferiore a 140°C. Nel caso di conglomerati bituminosi confezionati con bitume modificato la temperatura di stesa non dovrà essere inferiore a 160 °C.

La stesa del sub-ballast dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro, in particolare quando la temperatura dell'aria scende sotto 5°C, quando il piano di posa si presenta sporco e/o bagnato. Per evitare soste durante la lavorazione, che possono provocare irregolarità nella stesa, la velocità di avanzamento della finitrice deve essere regolata in base all'effettiva capacità di approvvigionamento del conglomerato bituminoso.

Gli strati eventualmente compromessi, con densità inferiori a quelle richieste, dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a cura e spese dell'ESECUTORE.

La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare subito dopo la stesa con vibrofinitrice e sarà condotta a termine senza soluzione di continuità.

La compattazione del conglomerato bituminoso deve essere eseguita immediatamente dopo la stesa, con rulli che consentano un adeguato ed uniforme costipamento dell'impasto nonché la corretta finitura e sagomatura della superficie dello strato. Devono pertanto essere impiegati almeno un rullo gommato e uno metallico, semoventi e a rapida inversione di marcia o sistemi misti. La rullatura deve essere iniziata alla più alta temperatura possibile dell'impasto steso, comunque, non inferiore a 130 gradi °C, procedendo a compattare anzitutto il giunto longitudinale con la striscia precedentemente stesa, previa spalmatura di una mano di bitume nel giunto, passando poi a rullare l'altro lato della nuova striscia, proseguendo, quindi, gradualmente verso il centro (ogni passaggio del rullo deve essere sovrapposto per circa metà larghezza al passaggio precedente) e tornando infine sul giunto longitudinale. La piattaforma completa deve essere ottenuta con sole due strisciate con giunto coincidente con l'asse della piattaforma. Questa operazione va ripetuta per ciascun rullo adoperato finché l'impasto non mostri più alcun aggrinzamento al passaggio del rullo; per contro l'operazione deve essere interrotta se si manifesta una eccessiva tendenza al dislocamento dell'impasto per temperatura troppo alta o alla fessurazione per temperatura troppo bassa. Allo scopo di impedire la formazione di impronte permanenti, si deve assolutamente evitare che i rulli vengano arrestati sullo strato ancora caldo. La stesa e la rullatura devono essere eseguite in modo che l'avanzamento giornaliero sia completo sull'intera larghezza della piattaforma.

L'ESECUTORE prima dell'inizio dell'attività di stesa (almeno 15 giorni) dovrà presentare alla Direzione Lavori, per approvazione, una relazione o un'Istruzione operativa nella quale venga descritto il sistema di compattazione, elencando il numero dei rulli, le loro caratteristiche tecniche, la velocità durante la compattazione ed i tempi o le temperature d'inizio compattazione. Il sistema di stesa e compattazione e le caratteristiche in opera del conglomerato bituminoso dovranno essere qualificate, sulla base della suddetta Istruzione operativa, realizzando uno strato di prova dello stesso spessore e larghezza e di lunghezza non inferiore a 25 (venticinque) m.

Si avrà cura inoltre che la compattazione venga condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

13.9.6. CONTROLLI FINALI

Al termine della compattazione dovranno essere eseguiti i seguenti controlli finali:

1. Densità: La densità (UNI EN 12697-9) di tasselli o carote indisturbati, prelevati dallo strato completato, non deve essere inferiore al 98% della densità dei provini Marshall corrispondenti.

Tale valutazione sarà eseguita sulla produzione giornaliera secondo UNI EN 12697-9e almeno ogni 1.000 m² realizzati. La densità dello strato realizzato sarà determinata dalla media di quella relativa a due carote di diametro non inferiore a 10 cm che dovranno essere prelevate nei punti indicati dal DL.

2. Caratteristiche del conglomerato: sulle stesse due carote del punto 1. dovranno inoltre essere determinati:

- contenuto di bitume: si ammette uno scostamento massimo rispetto al valore di qualifica pari allo 0,2%;
- granulometria degli aggregati: sono ammesse le seguenti tolleranze rispetto ai valori di qualifica:
 - aggregato grosso: +/- 5%;
 - aggregato fino (sabbia): +/- 3%;
 - filler (additivo): +/- 0,3%.
- trazione indiretta Brasiliana (UNI EN 12697-23): non minore di 0,6 N/mm²;
- percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8): compresa fra il 3% ed il 6%.

3. Spessore dello strato: le stesse carote saranno utilizzate anche per la determinazione dello spessore finale dello strato, per il quale si ammette una tolleranza massima di 0,5 cm in meno rispetto allo spessore di progetto.

Nel caso in cui lo spessore, anche di una sola carota, risultasse inferiore a tale limite, si procederà al prelievo di almeno ulteriori 4 carote in punti scelti dalla DL nell'ambito dei 1.000 m² (o della superficie realizzata nella giornata) da controllare.

In prossimità dei punti in cui è stato riscontrato il ridotto spessore saranno eseguite prove di carico su piastra aggiuntive rispetto a quelle sotto indicate.

Lo spessore dello strato sarà considerato accettabile se:

- non si saranno ottenuti complessivamente più di due valori fuoritolleranza;
- non si saranno ottenuti casi di sottospessori maggiori di 1 cm;
- tutte le prove di carico su piastra avranno dato risultato positivo.

4. Modulo di deformazione: lo strato finito dovrà avere un modulo di deformazione misurato con prova di carico su piastra (primo modulo di deformazione con modalità di cui al Bollettino Ufficiale CNR n° 146 dell'14/12/1992, ma con temperatura dello strato compresa tra 20°C e 30°C) non inferiore a 200 N/mm².

Qualora la prova venga eseguita quando la temperatura dello strato è compresa tra 10°C e 19,9°C, il modulo risultante dovrà essere non inferiore a 220 N/mm².

La prova non può essere eseguita quando la temperatura dello strato è inferiore a 10°C.

Tale determinazione deve essere eseguita attraverso due prove effettuate presso i punti dai quali sono state prelevate le prime due carote ed eventualmente attraverso le prove aggiuntive eseguite, come sopra indicato, nei punti con ridotto spessore.

5. Regolarità della superficie: la superficie degli strati dovrà presentarsi priva di irregolarità e ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4,50 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato dovrà aderirvi uniformemente; saranno tollerati scostamenti contenuti nel limite di 10 mm, il tutto nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto; tale controllo dovrà essere ripetuto ogni 1000 m² di strato di sub-ballast finito.

6. Quota: la quota finale dell'asse e dei cigli del rilevato misurata sopra il sub-ballast deve rispettare quella di progetto con il margine di tolleranza +1cm, -2cm.

La misura deve essere presa a cedimenti esauriti o quando il gradiente di sviluppo dei cedimenti sia prossima a zero e lasci prevedere un cedimento residuo trascurabile in rapporto alle tolleranze.

Nel caso in cui anche uno solo dei requisiti sopra indicati non sia rispettato, si procederà, a totale cura e spese dell'ESECUTORE, all'individuazione della zona non accettabile, alla sua demolizione ed al suo rifacimento.

13.10. PAVIMENTAZIONI DI OPERE STRADALI ACCESSORIE

Perimetralmente alle aree di lavoro e/o manovra e lungo le strade ove sia previsto il transito di persone, dovranno essere previsti appositi percorsi preferenziali per la viabilità pedonale realizzati mediante marciapiedi.

Le dimensioni e la sezione trasversale dei marciapiedi saranno definiti dai disegni di progetto; le caratteristiche principali dei materiali e quelle inerenti la realizzazione sono definite nel seguito.

13.10.1. Marciapiedi a Cordoli

I marciapiedi saranno di norma delimitati (verso il piano viario) da un cordolo in conglomerato cementizio prefabbricato (o in pietra da taglio); le dimensioni del cordolo saranno quelle specificate nei disegni di progetto.

Gli elementi costituenti i cordoli, rettilinei o curvilinei con spigoli vivi o arrotondati, dovranno essere dotati di idonei sistemi di incastro (maschio-femmina) e i giunti dovranno essere sigillati con malta cementizia a ritiro compensato e con rapporto a/c inferiore a 0,50.

I cordoli dovranno essere posati su malta cementizia di allettamento e dovranno essere realizzati in maniera tale da consentire il convogliamento e il regolare deflusso delle acque meteoriche.

b - Pavimentazione

I marciapiedi potranno essere pavimentati con:

- asfalto colato;
- mattonelle di asfalto naturale compresso;
- cubetti di porfido;
- masselli di calcestruzzo.

b.1 - Pavimentazione in asfalto colato

Dovrà essere eseguita su idoneo sottofondo, per uno spessore finito di 2 cm, e con una miscela preparata a caldo dei seguenti costituenti indicati con le percentuali in massa:

- mastice di asfalto 50%;
- bitume 5% con penetrazione Dow compresa fra 40 e 50 cm;
- sabbia 5%;
- graniglia 40%.

b.2 - Pavimentazione con mattonelle di asfalto naturale compresso

Le mattonelle, di spessore di 3 o 4 cm, dovranno essere posate su uno strato di malta cementizia, di spessore non inferiore a cm 2, e le connesure (di spessore non superiore a 1 mm) saranno successivamente sigillate con cemento.

La malta cementizia sarà formata da 1.500 kg di sabbia con curva granulometrica compresa tra 0,05 e 2 mm e 400 kg di cemento pozzolanico.

È consentito l'uso di premiscelati aventi le stesse caratteristiche per la posa di mattonelle precomprese.

Il coefficiente di usura delle mattonelle di asfalto non dovrà superare i 13 mm, l'impronta non dovrà risultare superiore a 0.2 mm e la resistenza a flessione dovrà essere maggiore di 3 N/mm² (R.D. 16/11/39 n° 2234).

b.3 - Pavimentazione in cubetti di porfido

I cubetti dovranno essere posati su un letto di sabbia di spessore minimo 5 cm steso su sottofondo di conglomerato cementizio, con giacitura ad archi contrastati, battitura della pavimentazione, sigillatura dei giunti con mastice bituminoso a caldo e spolveratura superficiale disabbia.

b.4 - Pavimentazione in masselli di calcestruzzo autobloccanti.

Nelle lavorazioni di posa dei masselli autobloccanti, sono quando utilizzati per le pavimentazioni pedonali e carrabili, devono comprendere in entrambi i casi anche la posa dei cordoli. I masselli autobloccanti devono essere marcati CE in conformità alla norma UNI EN 1338.

I masselli dovranno essere posati su un letto di sabbia dello spessore non minore di 10 cm ovvero su un sottofondo di calcestruzzo magro poroso.

Nel caso di posa su un letto di sabbia le modalità d'esecuzione saranno:

- posa in opera di telo "tessuto non tessuto" della massa di kg 0,3/m²;
- formazione del sottofondo mediante stendimento, livellamento con realizzazione delle pendenze e costipamento di un primo strato di pietrischetto, con pezzatura da 1 cm e 3 cm, e di un secondo strato di sabbia;
- posa in opera dei masselli e successivo costipamento con piastra vibrante;
- sigillatura dei giunti su tutta la superficie pavimentata con sabbia e sigillatura laterale con mastice d'asfalto.

c. - Controlli

Le caratteristiche delle miscele e dei prodotti impiegati nonché gli spessori del sottofondo dovranno essere verificati ogni 500 metri di marciapiede realizzato con un minimo di una prova per ogni singolomarciapiede.

Sui masselli di calcestruzzo le prove e i limiti di accettazione saranno quelli previsti dalla norma UNI EN 1338.

13.10.1.1 Parcheggi

La pavimentazione dei parcheggi sarà eseguita come indicato nei disegni di progetto con la pavimentazione di categoria D oppure con masselli in calcestruzzo vibro compresso autobloccanti, di spessore 6 cm, con strato superiore antiusura in quarzo.

I masselli in calcestruzzo saranno posti in opera a secco, sul letto di sabbia, di spessore minimo 5 cm, costituito da elementi di granulometria non superiore a 5 mm. Ai lati del percorso o delle aree di sosta saranno posti elementi di bordatura con funzione di contenimento della sabbia e della spinta orizzontale della pavimentazione sottoposta a carichi.

I singoli elementi della pavimentazione, accostati tra loro, saranno battuti con mazzuola di gomma a posa finita; tutta la superficie pavimentata sarà vibrata con apposita macchina dotata di piastra rotante in acciaio con protezione inferiore in gomma.

La sigillatura finale si realizzerà stendendo sul pavimento vibrato uno strato di sabbia finemente vagliata, con granulometria non superiore a 2 mm, così da completare la sigillatura tra i giunti autobloccanti.

OPERE VARIE

16.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Tecnico delle Opere Civili.

Oggetto della presente Sezione del Capitolato è l'insieme delle tipologie di lavoro non incluse e/o non contemplate in altre sezioni del presente Capitolato.

Esse consistono in:

- reti di distribuzione;
- manufatti per tombini e sottopassi;
- tubazioni per drenaggi;
- recinzioni;

Si precisa che, nel rispetto dei principi generali di tutela ambientale, la gestione dei materiali di risulta e dei materiali da utilizzare per l'esecuzione delle lavorazioni oggetto del presente Capitolato potrà essere assoggettata ai disposti normativi per la gestione degli stessi in qualità di rifiuti o in esclusione dal regime dei rifiuti, per i quali si rimanda ai documenti specialistici di riferimento (progetto e documenti contrattuali) nonché a quanto disciplinato dalla normativa ambientale vigente (D.Lgs. 152/06 e s.m.i., D.P.R. 13 giugno 2017, n.120 D.M. 161/2012, L. 98/2013, D.M. 05/02/98 e s.m.i., D.M. 27/09/2010 aggiornato con il D.M. 24/06/2015, etc.).

16.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

16.2.1. NORMATIVA NAZIONALE

- Decreto Min. Infrastrutture e Trasporti 30/4/1992 n. 285 "Nuovo codice della strada" e s.m.i.;
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495 "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada" e s.m.i..
- D.P.R. 06/06/2001 n. 380 "Testo unico per l'edilizia" e s.m.i.;
- D.lgs. 18 aprile 2016, n. 50 "Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture." e s.m.i.
- D.Lgs. 3/4/2006 n. 152 "Norme in materia ambientale" e s.m.i.;
- Decreto Min. Infrastrutture e Trasporti 17/01/2018 – Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC18);
- D.Lgs. 9/4/ 2008 n. 81 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3/8/2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro"
- Cir. C.S.LL.PP 2/02/2009 n. 617– Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008 per quanto non in contrasto con il D.M. 17 gennaio 2018;

- D.P.R. 5/10/2010 n. 207 “Regolamento di esecuzione e attuazione del decreto legislativo 12/4/2006, n. 163, recante Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE”;
- D.P.R. 13 giugno 2017, n.120 “Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164”;
- Decreto Min. Infrastrutture e Trasporti 4/4/2014 n. 137 “Norme Tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto”.

16.2.2. NORMATIVA EUROPEA

- UNI EN 1916 –2004 - Tubi e raccordi di calcestruzzo non armato, rinforzato con fibre di acciaio e con armature tradizionali;
- 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 ISO 3210-2018 - Anodizzazione dell'alluminio e sue leghe - Valutazione della qualità del fissaggio degli strati di ossido anodico mediante misurazione di perdita di massa dopo immersione in soluzioni fosfo-cromiche acide;
- UNI EN ISO 8744-1999 - Spine ad intagli conici su tutta la lunghezza;
- UNI EN ISO 9227-2017 - Prove di corrosione in atmosfere artificiali - Prove di nebbiasalina;
- UNI EN 10025 1/2-2005 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali. Condizioni tecniche generali di fornitura. Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali;
- UNI EN 10048 –1998 - Nastri stretti di acciaio laminati a caldo - Tolleranze sulle dimensioni e sulla forma;
- UNI EN 10143-2006 - Lamiere sottili e nastri di acciaio con rivestimento applicato per immersione a caldo in continuo - Tolleranze sulla dimensione e sulla forma;
- UNI EN 10263 1-2017 - Vergella, barre e filo di acciaio per ricalcatura a freddo ed estrusione a freddo Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura;
- UNI EN 10263 5-2018 - Vergella, barre e filo di acciaio per ricalcatura a freddo ed estrusione a freddo Parte 5: Condizioni tecniche di fornitura degli acciai inossidabili
- UNI EN 10346-2015 - Prodotti piani di acciaio rivestiti per immersione a caldo in continuo - Condizioni tecniche di fornitura;
- UNI EN 13055-2016 - Aggregati leggeri.

16.2.3. DOCUMENTAZIONE TECNICA

- UNI 3740-1999- Elementi di collegamento filettati di acciaio;
- UNI 9202 – 2011 - Rivetti tubolari filettati con testa svasata;
- UNI 11013-2002- Aggregati leggeri - Argilla e scisto espanso - Valutazione delle proprietà mediante prove su calcestruzzo convenzionale;
- UNI 14399–4–2015 - Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 4: Sistema HV-Assieme vite e dado esagonali;
- UNI 14399–6 – 2015 - Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 6: Rondelle piane smussate.

16.3. DEFINIZIONI

Contratto: l'accordo tra il Committente e Appaltatore per l'esecuzione dei lavori descritti nel Contratto d'appalto contenente l'indicazione del corrispettivo pattuito o tra il Committente e il Fornitore per l'esecuzione delle forniture;

Direzione lavori: ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali;

Direttore Lavori: figura incaricata di esercitare, per conto del Committente, tutte le attività finalizzate alla direzione ed al controllo tecnico, contabile ed amministrativo dell'esecuzione dei contratti di appalto curando che i lavori siano eseguiti a regola d'arte, in conformità del progetto e del contratto e nel rispetto della normativa vigente.

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale);

FERROVIE: FERROVIENORD S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di FERROVIENORD S.p.A. (Direzione Lavori, Alta sorveglianza)

Prova: forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni delle FERROVIE.

16.4. ABBREVIAZIONI

ASTM: American Society for Testing and Materials

c.a.: conglomerato cementizio armato;

cls: conglomerato cementizio;

CNR: Consiglio Nazionale delle Ricerche **HV:**

Hardness Vickers (durezza Vickers); **NTC:**

Norme Tecniche per le Costruzioni **PEAD:**

Polietilene ad Alta Densità

PRFV: Plastica Rinforzata con Fibre di Vetro

PVC: Polivinile Cloruro

FN: FERROVIENORDS.p.A.;

UNI: Ente Nazionale Italiano di Normazione

16.5. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

L'ESECUTORE dovrà fornire tutti i materiali di consumo necessari per l'esecuzione dei lavori e per la realizzazione delle opere.

Quindi, a titolo indicativo e non esaustivo, saranno a carico dell'ESECUTORE i carburanti e lubrificanti per le proprie macchine, grassi, solventi e quant'altro necessario. Dovrà quindi provvedere ai materiali per la realizzazione delle giunzioni dei tubi (come elettrodi, ossigeno e acetilene), ai materiali per la costruzione di opere murarie ed accessorie (come mattoni, cemento e inerti) e per l'ancoraggio delle tubazioni (come cemento e zanche), alle armature di sostegno e ai ponteggi (come tavole, reggette, chiodi e gattelle), ai materiali per rinterri e ripristini (come sabbia, ghiaia, pozzolana, pietrisco e bitume).

I materiali forniti dall'ESECUTORE dovranno essere conformi a quanto indicato dalle leggi vigenti, dal progetto e dalle specifiche tecniche applicabili.

16.6. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

16.6.1. RETI DI DISTRIBUZIONE

Il presente capitolo riguarda tutti quei lavori connessi con la costruzione di reti di distribuzione o di raccolta di qualsiasi tipo, connesse con la costruzione di fabbricati.

Riguarda altresì la deviazione e/o i rifacimenti di reti esistenti ed interferenti con la linea ferroviaria e/o con le reti in costruzione.

2.6.1.1. Scavi

La gestione delle terre e rocce da scavo dovrà avvenire secondo quanto prescritto dal D.Lgs. 152/06 Norme in materia ambientale e s.m.i., e secondo quanto prescritto nella Sezione 5 "Opere in terra e scavi" e nella sezione 20 "Gestione delle rocce e terre da scavo" del presente Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili.

17.6.1.1.1. Generalità

L'ESECUTORE accerterà, a sua cura e spese, la presenza di tutti quei servizi che possono interessare lo scavo e li segnalerà sul terreno.

L'ESECUTORE eseguirà poi il tracciato dello scavo sia come larghezza sia come andamento dell'asse, in modo che lo scavo risulti il meno possibile interessato dai servizi individuati.

L'ESECUTORE non dovrà, in alcun caso, manomettere, spostare o tagliare cavi o qualsiasi tubazione interrata o quant'altro interferente con lo scavo, prima di averne accertata la natura e la funzione e prima di aver avuto le necessarie autorizzazioni dal proprietario/esercente; in ogni caso il tutto dovrà essere sempre segnalato alla DIREZIONE LAVORI.

Il taglio dell'eventuale manto stradale e della fondazione o la demolizione della pavimentazione di qualsiasi tipo e spessore dovranno essere effettuati con adatti mezzi d'opera. Il taglio del manto di usura e della fondazione dovrà essere eseguito in modo da evitare danni, non strettamente necessari, alla pavimentazione e non dovrà avere, di norma, una larghezza superiore di 20 cm. rispetto a quella dello scavo. L'Esecutore provvederà direttamente a richiedere le autorizzazioni che si rendessero necessarie al proprietario/gestore di una opera su cui si dovrà intervenire, senza alcun tipo di onere aggiuntivo da corrispondere da parte delle Ferrovie.

Gli scavi per qualsiasi genere di lavoro, eseguiti a mano e/o con mezzi meccanici, in terreni e/o materiali di riporto di qualsiasi natura e consistenza, sia all'asciutto che in acqua, dovranno essere eseguiti così come impongono le leggi vigenti in materia di sicurezza su lavoro ai sensi del D.Lgs. 81/08 e la buona tecnica. Essi avranno dimensioni tali da consentire la posa delle tubazioni interrate secondo la normativa vigente.

Sarà cura e onere dell'ESECUTORE evitare franamenti delle pareti dello scavo, per tutto il tempo durante il quale gli scavi rimarranno aperti; a tale scopo Egli dovrà provvedere ad effettuare le necessarie ed idonee opere provvisorie a sostegno delle pareti dello scavo.

Resteranno a totale carico dell'ESECUTORE tutti gli oneri connessi con i lavori necessari alla rimozione di eventuali materiali franati nello scavo già eseguito e il riempimento della maggiore sezione di scavo con materiale e modalità idonei. L'ESECUTORE risponderà dei danni arrecati a persone o cose a seguito di frane e smottamenti.

17.6.1.1.2. *Difesa dalle acque*

L'ESECUTORE dovrà provvedere a sua cura e spese:

- alla realizzazione e manutenzione delle opere necessarie affinché le acque, anche piovane, che eventualmente scorrono sulla superficie del terreno, siano deviate in modo da non riversarsi negli scavi;
- alla rimozione di ogni impedimento che si opponga al regolare deflusso delle acque e di ogni causa di rigurgito, anche ricorrendo all'apertura di fossi di guardia, di canali fuggatori, scoline, pozzi perdenti ecc.

Il tutto sarà eseguito senza provocare danni ad altri manufatti od opere e senza causare interruzioni nei lavori degli impianti in genere. In ogni caso, i materiali destinati alla costruzione delle reti non dovranno essere usati per la creazione di fossi o canali per il convogliamento di acque e per la copertura, anche provvisoria, di fossati.

17.6.1.1.3. *Utilizzazione dei materiali di risulta*

I materiali provenienti dagli scavi di ogni genere o dalle demolizioni potranno essere riutilizzati per i rinterri, ove ritenuti idonei, nel rispetto di quanto prescritto dalla normativa vigente in materia e dalla sezione 5 "Opere in terra e scavi" e dalla sezione 20 "Gestione delle terre e rocce da scavo" del presente Capitolato.

L'ESECUTORE dovrà eseguire i lavori di scavo e di rinterro in modo tale da non creare situazioni di pericolo e non recare danno ai fabbricati e alle opere limitrofe. Dovrà inoltre aver cura di non danneggiare la pavimentazione stradale con il movimento dei propri mezzi e/o le colture non direttamente interessate dall'esecuzione dei lavori.

L'ESECUTORE dovrà pertanto adottare, a sua cura e spese, tutti i provvedimenti atti ad evitare danni e a garantire l'incolumità di persone e cose restando di tali rischi l'unico responsabile.

17.6.1.1.4. *Rimozione di trovanti*

Nel caso di rinvenimento nello scavo di trovanti l'ESECUTORE dovrà, previa autorizzazione da parte del Direttore dei Lavori, provvedere alla loro frantumazione e rimozione, qualora gli stessi non siano asportabili con i normali mezzi di scavo, e provvedere al riutilizzo/smaltimento del materiale secondo le disposizioni di norma e della DL.

Per tale lavoro potrà usare mezzi preventivamente autorizzati dalla Direzione Lavori.

17.6.1.2. Particolari tipi di scavo

17.6.1.2.1. Scavi per attraversamenti speciali

Saranno eseguiti a mano o con mezzi meccanici a seconda della natura del terreno attraversato e delle difficoltà di esecuzione.

Nel caso di attraversamenti subalveo di fiumi, torrenti o canali, lo scavo dovrà essere effettuato con mezzi adeguati alla difficoltà di esecuzione connesse con l'ampiezza dell'attraversamento e la natura del terreno.

Il fondo scavo, alla profondità di progetto, dovrà avere un andamento orizzontale e sarà mantenuto in tali condizioni per tutta la durata del varo della tubazione. In golena, la larghezza in sommità della trincea e la pendenza delle pareti saranno adeguate alla consistenza e alle caratteristiche del terreno.

17.6.1.2.2. Scavi per la manutenzione di tubazioni e opere accessorie

Questi lavori saranno normalmente eseguiti per rendere possibili interventi su reti esistenti (riparazioni dispersioni, collegamenti, adeguamento di reti, ecc..).

L'ESECUTORE, oltre ad osservare tutte le modalità precedentemente descritte, dovrà usare particolari accorgimenti per non danneggiare la rete già posta in opera.

In particolare:

- nelle fasi iniziali di scavo, si dovrà operare con la massima cura e attenzione in modo tale da individuare esattamente la posizione e la profondità della rete e degli eventuali servizi adiacenti;
- potranno essere usati mezzi meccanici per lo scavo avendo sempre cura che gli stessi non vengano mai a contatto con la rete; la restante parte dello scavo dovrà essere eseguita a mano;
- dovranno essere messi in atto tutti gli accorgimenti atti ad evitare deformazioni dell'asse geometrico della rete, abbassamenti e/o galleggiamenti che possano provocare danni alla rete esistente o in costruzione.

17.6.1.3. Movimentazione e stoccaggio dei materiali

Tutti i materiali dovranno essere stoccati in maniera tale da evitare qualsiasi tipo di danno al materiale stesso e/o al loro rivestimento. In particolare si dovrà:

- stoccare al chiuso o in area coperta tutti quei materiali che possono danneggiarsi per esposizione alle intemperie (sole, polvere, gelo, etc.);
- non accatastare in pila i materiali, e in ogni caso interporre tra gli strati opportuni distanziatori;
- movimentare i materiali con mezzi opportuni e con l'uso di braghe a fascia di larghezza opportuna;
- è escluso in ogni caso lo scarico dei materiali mediante caduta dello stesso dal mezzo di trasporto. In casi particolari è tollerato l'uso di scivoli inclinati, purché il materiale da scaricare sia opportunamente trattenuto;
- nel caso il materiale venga predisposto a piè d'opera per ulteriori lavorazioni si dovranno adottare tutti gli accorgimenti atti ad evitare danneggiamenti al materiale o al suo rivestimento;
- nel caso di stoccaggio di materiali pericolosi (infiammabili, esplosivi, etc.) dovranno adottarsi tutte le misure imposte dalle normative vigenti quali, ma non limitatamente:
 - ventilazioni dei magazzini chiusi;

- protezioni dai raggi del sole;
- recinzioni particolari;
- zone di rispetto.

16.6.2. POSA IN OPERA DELLE RETI INTERRATE

17.6.2.1. Posa in opera cavi interrati

La posa in opera dei cavi interrati riguarda il tiraggio dei cavi posti in trincea, dei cavi direttamente interrati, dei cavi posati in cunicoli di cemento, dei cavi tirati in tubo.

Tutti i cavi in matasse o bobine dovranno essere trasportati e posati in modo da evitare danneggiamenti. Non è consentito il rotolamento delle bobine, tranne per i piccoli spostamenti e per la sistemazione delle bobine sui cavalletti.

Ogni cavo sarà posato in trincee o canalette in cemento sopra uno strato di sabbia, in accordo ai disegni di progetto.

Lo svolgimento del cavo dovrà essere eseguito con le bobine sul carrello o su cavalletti che ne consentano la facile rotazione e tirando il cavo in modo che lasci la bobina dal basso.

Durante la posa il cavo deve appoggiare su rulli posati tra di loro a una distanza tale che il cavo non strisci sul terreno o sulla sabbia.

Il tiraggio dei cavi sarà eseguito a mano o mediante adatte macchine tiracavi rispettando il massimo sforzo di trazione ammesso dal costruttore dei cavi stessi. L'ESECUTORE deve accertarsi presso il fornitore in merito ai valori di cui sopra.

Il taglio a misura dei cavi dovrà essere fatto all'atto della posa in opera degli stessi, lasciando conveniente margine per l'esecuzione delle terminazioni.

Una volta eseguito il taglio della pezzatura della bobina, i terminali del cavo e quello rimasto sulla bobina dovranno essere sigillati in maniera corretta.

La posa dei cavi dovrà essere effettuata in accordo alle sezioni ed ai disegni di progetto. La spaziatura tra i cavi dovrà essere realizzata in accordo al progetto.

Tutti i cavi dovranno essere identificati lungo il loro percorso mediante fascette in plastica o in piombo collocate ogni 30/40 m, recanti il contrassegno del cavo in accordo con l'Elenco Cavi del Progetto.

Nel caso in cui il cavo debba essere posato in apposito tubo, tutte le tubazioni portacavi dovranno essere accuratamente pulite e soffiate con aria prima dell'infilaggio. I cavi saranno infilati sui tubi portacavi già completi e fissati in tutte le loro parti.

Nel caso di posa su apposite canalette portacavi, ogni cavo dovrà essere posato su passerelle già complete e fissate in ogni loro parte. I cavi dovranno essere posati in maniera da assumere un andamento il più possibile rettilineo e dovranno essere fissati con fascette fermacavo in PVC o con morsetti metallici nel caso di passerelle verticali.

17.6.2.2. Posa in opera di tubazioni interrate

La posa in opera delle tubazioni interrate riguarda le operazioni connesse con la stesura dei tubi, sigillatura dei giunti e collaudo delle linee interrate così come indicato sui disegni di progetto.

Le tubazioni potranno essere in acciaio, PVC, PRFV, PEAD cemento e del tipo ovoide in cemento armato vibrato o comunque come mostrato sui disegni di progetto. Le linee dovranno essere poste in opera con le pendenze indicate, poggiate su idoneo sottofondo in modo da non danneggiare la tubazione e/o il suo rivestimento.

Tutti i materiali saranno forniti da qualificati rivenditori in grado di assicurare e fornire i quantitativi di materiali congrui con l'opera da eseguire e le relative certificazioni.

Le tubazioni prima del collaudo dovranno essere pulite mediante soffiaggio e nel caso di acqua potabile o sanitaria mediante lavaggio.

L'ESECUTORE dovrà predisporre tutta l'attrezzatura necessaria per le operazioni sopra descritte.

Per tutte le tipologie di materiali usati, ove non già definito in progetto, l'ESECUTORE dovrà comunicare alla DIREZIONE LAVORI le procedure di connessione (giunti saldati, giunti incollati, giunti a bicchiere, etc.) che intende utilizzare.

Per tubazioni convoglianti liquidi e gas attraversanti la ferrovia o poste in parallelo ad essa dovranno adottarsi tutti gli accorgimenti e prescrizioni dettati dal D. Min. Infrastrutture e Trasporti 04/04/2014 "Norme Tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto".

17.6.2.3. Modifiche di reti esistenti

Nel caso di interferenze con reti esistenti, interrate e non interrate, tali da richiedere una modifica di tracciato della rete esistente l'ESECUTORE provvederà direttamente a produrre le necessarie autorizzazioni, a prendere i necessari accordi con l'Ente proprietario delle reti, a concordare le modalità operative di intervento, informando comunque e costantemente la Direzione Lavori, senza alcun tipo di onere aggiuntivo da corrispondere all'ESECUTORE.

Resta inteso che la modifica di tracciato sarà eseguita rispettando tutte le norme, specifiche e procedure in vigore presso l'Ente proprietario.

17.6.2.4. Riempimenti

17.6.2.4.1. Generalità

Nel caso di scavi all'interno dei quali siano presenti tubazioni e/o cavi, il rinterro dovrà essere eseguito con modalità e materiali di riempimento idonei come per legge; in particolare l'ESECUTORE dovrà evitare che sassi, massi, materiali di risulta, spezzoni di altre tubazioni, siano gettati all'interno dello scavo. Il rinterro di scavi, all'interno dei quali siano presenti tubazioni in polietilene, deve essere effettuato in maniera tale da consentire che il tubo si assesti assumendo la temperatura del terreno. In particolare una delle estremità della tratta della condotta dovrà essere mantenuta libera di muoversi curando che il riempimento dello scavo abbia inizio dalla parte opposta.

Sono ammessi rinterri parziali nel caso sia necessario "bloccare" la tubazione; in ogni caso dovranno rimanere scoperte ed ispezionabili tutte le giunzioni, fino ad effettuazione con esito positivo dei collaudi previsti.

17.6.2.4.2. Materiali

Si definiscono due classi di materiale di riempimento:

- materiale di riempimento di tipo A, posato immediatamente sotto, sopra e di fianco alla rete secondo le modalità e gli spessori di progetto;
- materiale di riempimento di tipo B, posato al di sopra del materiale di tipo A fino alla quota del piano di campagna o alla quota di inizio della sottofondazione della pavimentazione e, comunque, non a contatto con la rete.

Il materiale di tipo A dovrà essere un materiale prevalentemente costituito da sabbia o pozzolana o comunque come previsto in sede di progetto e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- almeno il 95% in peso del materiale dovrà avere dimensioni inferiori a 6mm;
- almeno il 70% in peso del materiale dovrà avere dimensioni inferiori a 2mm;

- non più del 5% in peso del materiale dovrà avere dimensioni inferiori a 0,063 mm (UNI 11531-1);
- dovrà essere esente da detriti, materiale organico, pietre o qualsiasi altro materiale estraneo.

Il materiale di riempimento di tipo B dovrà essere preferibilmente costituito da sabbia, ghiaia e ciottoli o pozzolana, onde preconstituire un buon sottofondo per le pavimentazioni stradali.

Ove non esistessero problemi di pavimentazione e/o di servizi vicini potrà essere utilizzato, nel rispetto delle norme vigenti, materiale di risulta, il quale dovrà comunque essere esente da detriti, materiale organico e pietre di grosse dimensioni (> di 20 cm).

La posa in opera del materiale di rinterro di tipo A dovrà avvenire secondo le modalità indicate diseguito:

- strato di fondazione sotto la rete: deposto sul fondo dello scavo a strati di spessore non superiore di 15 cm, compattato a mano con cura ordinaria mediante l'utilizzo di pala. Il materiale dovrà essere posto in opera per tutta la larghezza della trincea. Lo spessore minimo finale dello strato al di sotto della rete dovrà essere come da progetto e comunque non inferiore a 7 cm;
- strato o strati di rinfiacco: la compattazione dello stesso sarà prescritta in fase di progetto;
- strato di copertura: dovrà essere posto in opera senza compattazione realizzando lo spessore di progetto e comunque uno spessore non inferiore a cm 15.

La posa in opera del materiale di tipo B dovrà sempre avvenire in modo tale da evitare che venga meno lo spessore di ricoprimento minimo di progetto per il materiale di tipo A. Una compattazione a strati di spessore non superiori a 30 cm con piastra vibrante o similare dovrà essere eseguita laddove è previsto l'uso di materiale granulare grossolano sotto a pavimentazioni stradali. Una compattazione ordinaria è da prevedersi in casi diversi.

L'ESECUTORE dovrà sempre accertare che il rinterro sia eseguito in modo tale che non vi siano cavità superficiali o interne al materiale di rinterro che possono costituire pericolo alle persone e/o animali e mezzi.

Considerata l'attenzione che deve essere posta nel posizionamento dei tubi, l'ESECUTORE dovrà curare particolarmente l'alloggiamento dei giunti in modo tale da garantire che la reazione del terreno sia distribuita lungo tutto il tubo e non sia concentrata in corrispondenza degli elementi di giunzione. Nel caso di giunti a bicchiere dovranno essere previste, in corrispondenza di ciascun giunto, opportune sedi preparate nello strato sabbioso di base. Qualora risultasse necessario procedere in modo diverso da quanto sopra specificato l'ESECUTORE dovrà comunque evitare il ricorso a blocchi o mattoni o mucchi di sabbia, mentre è consentito l'impiego di sacchetti di sabbia.

L'ESECUTORE dovrà curare la manutenzione continua dei rinterri in modo da mantenere il piano viabile perfettamente piano, senza avvallamenti o convessità, tale da garantire la viabilità e la sicurezza della sede stradale fino al ripristino della pavimentazione, fatte salve diverse prescrizioni degli Enti locali interessati.

Alla profondità prevista in progetto, e ove richiesto dal progetto o dalla DIREZIONE LAVORI, dovranno essere posti in opera un opportuno segnale di presenza e identificazione della rete, realizzato con rete, nastro, mattoni in cotto o cls, secondo la tipologia prevista dal progetto.

16.6.3. MANUFATTI PER TOMBINI E SOTTOPASSI

Per i manufatti per tombini e sottopassi realizzati in opera valgono le prescrizioni contenute nella Sezione relativa ad “Opere in conglomerato cementizio armato” del Capitolato tecnico delle opere civili.

Il rinterro dell'opera dovrà realizzato tenendo conto delle disposizioni legislative vigenti e delle prescrizioni riportate nella Sezione 5 “Opere in terra e scavi” e della sezione 20 “Gestione delle terre e rocce da scavo” del presente Capitolato e in particolare, ove applicabile, di quanto previsto nella parte rilevato in prossimità delle opere d'arte.

Per quanto riguarda la spinta di manufatti sotto la sede ferroviaria, si dovrà fare riferimento a quanto prescritto nella Sezione 12 “Ponti, viadotti e sottovia” del presente Capitolato.

16.6.4. TUBAZIONI PER DRENAGGI

Le tubazioni in cemento saranno eseguite impiegando casseforme pneumatiche oppure tubi prefabbricati, in conformità ai tipi normali e agli spessori indicati nei disegni tipo di progetto.

17.6.4.1. Tubazioni eseguite con casseforme pneumatiche

Il calcestruzzo impiegato per la costruzione della platea, i rin fianchi e la volta sarà del tipo IV secondo le NTC 2008.

17.6.4.2. Tubazioni eseguite con elementi prefabbricati

A seconda delle condizioni d'uso, potranno essere utilizzati tubi in calcestruzzo vibrocompresso non armato o armato, con le caratteristiche e le specifiche riportate nei paragrafi seguenti.

17.6.4.2.1. Tubi prefabbricati in calcestruzzo non armato

Saranno previsti tubi con classe di resistenza a rottura $\geq 60 \text{ kN/m}$

I tubi prefabbricati saranno realizzati a sezione circolare in calcestruzzo vibrocompresso non armato, conformi alla normativa europea UNI EN 1916, confezionati con inerti di cava e di fiume vagliati e lavati per ottenere un calcestruzzo di classe $> 40 \text{ N/mm}^2$.

I tubi dovranno essere di lunghezza non inferiore a 2 m , con giunto a bicchiere esterno con anello di tenuta in gomma, conforme alle norme UNI EN 681, incorporato nel getto e saldamente ancorato al tubo.

I tubi dovranno essere autoportanti e saranno posti in opera in scavo a trincea stretta per profondità di interrimento variabili da 1 a 3 m , calcolati dall'estradosso superiore del tubo.

I tubi saranno prefabbricati in stabilimento specializzato con impianti automatici; controllati, collaudati e certificati secondo la normativa vigente, con impressa la marcatura secondo quanto indicato nel punto 8 della norma UNI EN 1916.

17.6.4.2.2. Tubi prefabbricati in calcestruzzo armato

Saranno previsti tubi con classe di resistenza a rottura $\geq 90 \text{ kN/mt}$ e con classe di resistenza a rottura $\geq 1350 \text{ kN/m}$

I tubi prefabbricati saranno realizzati a sezione circolare di calcestruzzo vibrocompresso armato con gabbia rigida in acciaio BE 450 C, con classi minime di resistenza indicate nella normativa europea UNI EN 1916, confezionati con inerti di cava e di fiume vagliati e lavati per ottenere un calcestruzzo di classe > 45 N/mm².

I tubi dovranno essere di lunghezza non inferiore a 2 m, con giunto a bicchiere e anello di tenuta in gomma, conforme alle norme UNI EN 681, incorporato nel getto e saldamente ancorato al tubo.

I tubi dovranno essere autoportanti e saranno posti in opera in scavo a trincea stretta per profondità di interrimento variabili da 1 a 4 m, calcolati dall'estradosso superiore del tubo.

I tubi saranno prefabbricati in stabilimento specializzato con impianti automatici; controllati, collaudati e certificati secondo la normativa vigente, con impressa la marcatura secondo quanto indicato nel punto 8 della norma UNI EN 1916.

16.6.5. RECINZIONI

17.6.5.1. Recinzione con paletti in c.a.p. e rete metallica

La recinzione sarà costituita con fili di acciaio zincato del diametro di 3 mm a maglia di 6x6cm e altezza di 130 cm, montati su sostegni di conglomerato cementizio armato prefabbricato e precompresso di dimensioni di cm 8x8 e posti ad interasse di cm 250, con fili di irrigidimento e tiranti, ancorati al terreno mediante blocco di base in conglomerato cementizio con classe di resistenza C16/20 e delle dimensioni di cm 25x25x50. I sostegni in cemento armato precompresso dovranno essere in grado di sopportare una forza orizzontale in sommità di 100 daN.

I cancelli pedonali dovranno essere muniti di serratura.

Sulla recinzione dovranno essere predisposti cartelli monitori di cm 25x15 ogni 100 m in materiale plastico pesante di colore nero con stampate in rilievo la dicitura di colore bianco: "Proprietà FERROVIENORD Vietato l'accesso". Quanto detto per i cartelli monitori vale anche per le tipologie di recinzione descritte ai successivi punti.

17.6.5.2. Recinzione formata con lastre prefabbricate in c.a. vibrato

La recinzione sarà formata con lastre prefabbricate in c.a. vibrato dello spessore di 6 cm, con una faccia liscia e una nervata, posta in opera a incastro in pilastri prefabbricati in c.a. vibrato con sezione a doppio T.

I pilastri devono essere posti ad interasse di 3,10 m e fissati al terreno per un'altezza non inferiore a 0,50 m mediante blocco di base o cordolo di fondazione in conglomerato cementizio.

Tutte le connessioni devono essere sigillate con malta cementizia.

17.6.5.3. Recinzione con muretto di base e sovrastante grigliato

Il muretto sul quale andrà montata la recinzione sarà in cemento armato, a faccia a vista.

La parte fuori terra di detto muro non sarà inferiore a 70 cm e non sarà superiore a 100 cm e avrà una larghezza non inferiore a 20 cm e pari a 30 cm per altezze pari a 100 cm o nel caso la recinzione si trovi lungo strada.

Nel muro di cui sopra andranno incastrate le piantane in ferro piatto a sostegno degli elementi modulari della griglia.

L'altezza del grigliato sarà di 1,00 m circa; l'interasse delle piantane sarà, di norma, pari a 2m.

Il peso del grigliato sarà di 15 Kg/m² ± 20% e comunque in conformità ai documenti di progetto.

Sia le piantane che il grigliato saranno protetti con un trattamento protettivo di zincatura a caldo conforme alle norme UNI EN ISO 1461. La bulloneria per il fissaggio dei pannelli alla piantana dovrà essere in acciaio inox, antifurto con dado a strappo.

17.6.5.4. Recinzione con muretto e sovrastante rete elettrosaldata zincata

Il muretto avrà caratteristiche uguali a quelle descritte per la recinzione del tipo precedente.

Le piantane per questo tipo di recinzione, la cui altezza misurata dalla sommità del muretto sarà di 1,80 m, saranno poste a un interasse di metri 1,50.

La rete elettrosaldata da infiggere sarà zincata a caldo e avrà diametro spaziatura dei ferri tale da raggiungere il peso di $3,5 \text{ Kg/m}^2 \pm 15\%$.

17.6.5.5. Recinzione con paletti in profilato di ferro e rete zincata

Sarà costituita da:

- paletti intermedi in profilato di acciaio (A34UNI EN 10048) zincato, con sezione a T 40 x 40 mm, di spessore 5 mm, con altezza 170 cm e interasse pari a 2,5 m. Saranno fissati nel terreno per una profondità di m 0,50 mediante blocco di cemento magro a rapida presa aventi dimensioni minime 25 x 25 x 50 cm;
- rete a maglia quadra 60 x 60 elettrosaldata, in filo zincato crudo 3 mm, per un'altezza totale, comprese le sporgenze, di m 1,85, del peso di circa 7 Kg/m^2 completo di n 3 fili di tensione in acciaio zincato.

La recinzione sarà completata dai fili per legature, dai bulloni in acciaio zincato, compreso gli scavi e il calcestruzzo per le fondazioni.

GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

20.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Il presente Capitolato ha lo scopo di descrivere e standardizzare le corrette modalità di gestione delle terre e rocce da scavo, inclusi i riporti, che derivano dalla realizzazione di scavi in genere (sbancamento, fondazioni, trincee), perforazioni, trivellazioni, palificazioni, consolidamenti, opere infrastrutturali (es. gallerie, strade), rimozione e livellamento di opere in terra quali i rilevati esistenti.

A tal fine, la presente sezione disciplina la gestione del materiale da scavo in regime di sottoprodotto e in regime di rifiuto.

20.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo.

Si elencano di seguito la principale documentazione e normativa di riferimento.

20.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- D.P.R. 13 giugno 2017, n. 120;
- D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 recante “Norme in materia ambientale” e s.m.i. e sua normativa di attuazione;
- D. Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36 recante “Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti” e s.m.i.;
- D.M. Ambiente 27 settembre 2010 recante i “Criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica” e s.m.i.;
- D.M. Ambiente 5 febbraio 1998 recante “Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22” e s.m.i.;
- Regolamento (UE) n. 1013/2006 del 14 giugno 2006 relativo alla spedizione di rifiuti.

Il presente documento dovrà inoltre correlarsi con:

- il Progetto di fattibilità tecnica ed economica, il Progetto definitivo ed il Progetto esecutivo;
- la Documentazione di gara;

20.3 DEFINIZIONI

Le definizioni utilizzate nella presente sezione sono quelle risultanti dalla normativa vigente (con particolare riferimento alle definizioni contenute nella Parte IV del D. Lgs. n. 152/2006 e nel D.P.R. n. 120/2017), integrate da quanto riportato nel presente paragrafo.

CONTRATTO: l'accordo tra il Committente e Appaltatore per l'esecuzione dei lavori descritti nel Contratto d'appalto contenente l'indicazione del corrispettivo pattuito o tra il Committente e il Fornitore per l'esecuzione delle forniture;

DIREZIONE LAVORI: ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali;

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori o di parte degli stessi (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale);

FERROVIE: FERROVIENORD S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di FERROVIENORD S.p.A. (Direzione Lavori, Alta sorveglianza)

20.4 ABBREVIAZIONI

Nel testo sono utilizzate le seguenti abbreviazioni:

D.P.R.	Decreto del Presidente della Repubblica
D. Lgs.	Decreto Legislativo
VIA	Valutazione di Impatto Ambientale
EN	European Norm (norma europea)
UNI	Ente Nazionale di Normazione
ISO	International Standardisation Organization (organizzazione di Standardizzazione Internazionale)
CER	Catalogo Europeo dei Rifiuti

20.5 PRESCRIZIONI GENERALI

Le terre e rocce derivanti dagli scavi e, in generale, dalle attività di costruzione e demolizione, possono essere:

- riutilizzate allo stato naturale o previo trattamento di normale pratica industriale nello stesso sito di produzione,
- riutilizzate in un altro sito o in un processo di produzione in sostituzione dei materiali da cava, eventualmente previo trattamento,
- gestite come rifiuto ed avviate ad un'operazione di smaltimento o di recupero.

In linea di principio, e salvo quanto appresso si dirà, la decisione del regime gestionale cui sottoporre le terre e rocce va definita dal progettista in accordo con FERROVIE in sede di elaborazione del progetto.

In sede esecutiva, pertanto, L'ESECUTORE dovrà eseguire correttamente tutti gli adempimenti gestionali a lui attribuiti sulla base di quanto riportato nella documentazione elaborata in sede progettuale e nel contratto. Sarà, inoltre, cura dell'ESECUTORE predisporre tutta la documentazione prevista dalla normativa, quando tale onere venga a lui attribuito dal progetto, dal contratto, dalla normativa vigente e dal presente capitolato.

In talune ipotesi, dettagliate nei successivi paragrafi, è possibile che il regime gestionale delle terre e rocce da scavo risultante dalle previsioni progettuali possa essere modificato in fase di progettazione esecutiva (affidata all'ESECUTORE) ovvero in fase esecutiva.

In ogni caso, tali variazioni alle modalità di gestione delle terre e rocce da scavo che l'ESECUTORE volesse introdurre nella propria progettazione esecutiva e/o proporre in corso d'opera dovranno avere il preventivo nulla osta di FERROVIE; l'eventuale rifiuto del nulla osta non potrà in alcun caso dare luogo a riserve, pretese e/o richieste di alcun genere da parte dell'ESECUTORE.

20.5.1 RIUTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO NELLO STESSO SITO DI PRODUZIONE

Il riutilizzo, come sottoprodotto o in esclusione dal regime giuridico dei rifiuti, delle terre e rocce nello stesso sito di produzione è ammesso dalla normativa vigente sulla base di alcuni adempimenti che si differenziano in base alla tipologia di procedimento di autorizzazione dell'opera (opera sottoposta a un procedimento di cui alla Parte II del D. Lgs. 152/2006 o meno), alla quantità di materiale scavato e alla circostanza che il progetto preveda che le terre e rocce, per essere riutilizzate, debbano essere sottoposte a un trattamento di normale pratica industriale o meno ovvero trasportate utilizzando la viabilità pubblica o meno.

In tutte le ipotesi citate, il progetto definitivo e il progetto esecutivo dovranno disciplinare nel dettaglio, nel rispetto di quanto la normativa vigente prevede in termine di obblighi del soggetto esecutore, le modalità operative cui l'ESECUTORE dovrà attenersi.

Qualora in fase esecutiva, l'ESECUTORE dimostri la necessità di dover adottare modalità di gestione delle terre e rocce diverse da quelle progettualmente previste, l'ESECUTORE dovrà richiedere preliminarmente il nulla osta di FERROVIE e, in caso positivo, provvederà a porre in essere gli adempimenti previsti dalla normativa vigente (ad es.: predisposizione e presentazioni alle autorità competenti della documentazione prevista dalla normativa, esecuzione delle indagini di compatibilità ambientale, ecc.).

FERROVIE concederà tale nulla osta sulla base di proprie valutazioni tecniche, alla luce delle ripercussioni sul procedimento di VIA già definito (nell'ipotesi di opera sottoposta a una procedura di cui alla Parte II del D. Lgs. 152/2006) e del quadro normativo vigente.

L'esecuzione degli adempimenti normativi connessi a tale modifica di gestione non dovrà, in nessun caso, comportare ripercussioni sulla programmazione dei lavori prevista.

Al termine delle operazioni connesse al conferimento a impianto di recupero o scarica o al riutilizzo delle terre e rocce da scavo, l'ESECUTORE dovrà fornire a FERROVIE una copia della documentazione prevista dalla normativa vigente ovvero ogni altro documento idoneo a provare l'avvenuto corretto adempimento agli obblighi normativi inerenti tali attività.

20.5.2 RIUTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO IN UN SITO DI DESTINAZIONE O IN UN PROCESSO PRODUTTIVO DIVERSO DA QUELLO DI PRODUZIONE

Il riutilizzo delle terre e rocce da scavo (in esclusione dal regime giuridico dei rifiuti) in un sito diverso da quello di produzione ovvero in un processo produttivo in sostituzione dei materiali da cava è ammesso dalla normativa vigente sulla base di alcuni adempimenti che si differenziano in base alla tipologia di procedimento di autorizzazione dell'opera (opera sottoposta a un procedimento di cui alla Parte II del D. Lgs. 152/2006 o meno), alla quantità di materiale scavato e alla circostanza che il progetto preveda che le terre e rocce, per essere riutilizzate, debbano essere sottoposte a un trattamento di normale pratica industriale.

In tutte le ipotesi citate, il progetto definitivo e il progetto esecutivo dovranno disciplinare nel dettaglio, nel rispetto di quanto la normativa vigente prevede in particolare come obbligo del soggetto esecutore, le modalità operative cui l'ESECUTORE dovrà attenersi.

In particolare, sarà cura dell'ESECUTORE eseguire quanto previsto nei documenti elaborati in sede progettuale (ad es. in qualità di esecutore del Piano di Utilizzo delle Terre di cui all'articolo 9 del D.P.R. n. 120/2017); in altre ipotesi, progettualmente previste e contrattualmente disciplinate, l'ESECUTORE dovrà direttamente predisporre e presentare alle autorità competenti la documentazione prevista dalla normativa vigente (ad es. predisposizione e presentazione della dichiarazione di cui all'articolo 21 del D.P.R. n. 120/2017).

Nell'ipotesi in cui ciò sia progettualmente previsto o obbligatorio ai sensi della normativa vigente, l'ESECUTORE dovrà, in fase esecutiva, provvedere ad accertare la sussistenza o il permanere della sussistenza della qualità ambientale delle terre e rocce.

In tale ipotesi, l'ESECUTORE dovrà eseguire il campionamento nel rispetto di quanto previsto nell'allegato 9 del D.P.R. n. 120/2017. Le procedure di caratterizzazione chimico-fisiche e di accertamento delle qualità ambientali sono indicate nell'allegato 4 del D.P.R. stesso integrate, per i rapporti, dall'esecuzione del test di cessione previsto dall' art. 4 comma 3 del citato D.P.R.

Qualora in fase esecutiva, l'ESECUTORE dimostri la necessità di dover adottare modalità di gestione delle terre e rocce diverse da quelle progettualmente previste, l'ESECUTORE dovrà richiedere preliminarmente il nulla osta di FERROVIE e, in caso positivo, provvederà a porre in essere gli adempimenti previsti dalla normativa vigente (ad es.: predisposizione e presentazioni alle autorità competenti della documentazione prevista dalla normativa, esecuzione delle indagini di compatibilità ambientale, ecc.).

FERROVIE concederà tale nulla osta sulla base di proprie valutazioni tecniche, alla luce delle ripercussioni sul procedimento di VIA già definito (nell'ipotesi di opera sottoposta a una procedura di cui alla Parte II del D. Lgs. 152/2006) e del quadro normativo vigente.

L'esecuzione degli adempimenti normativi connessi a tale modifica di gestione non dovrà, in nessun caso, comportare ripercussioni sulla programmazione dei lavori prevista.

Al termine delle operazioni connesse al conferimento a impianto di recupero o discarica o al riutilizzo delle terre e rocce da scavo, l'ESECUTORE dovrà fornire a FERROVIE una copia della documentazione prevista dalla normativa vigente ovvero ogni altro documento idoneo a provare l'avvenuto corretto adempimento agli obblighi normativi inerenti tali attività.

20.5.3 GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO COME RIFIUTO

Le terre e rocce derivanti dagli scavi per le quali non si prevede un riutilizzo costituiscono rifiuto. L'ESECUTORE assume, per tali rifiuti, la qualifica di produttore del rifiuto e, pertanto, sarà sua cura gestire tali materiali in conformità alla normativa vigente, risultante, in particolare, dalla Parte IV del D. Lgs. n. 152/2006 e s.m.i. e dalla normativa di attuazione dello stesso.

In particolare, valgono le seguenti prescrizioni:

A) Classificazione del rifiuto ed individuazione della tipologia di impianto di recupero/smaltimento cui avviare lo stesso

- L'ESECUTORE dovrà provvedere a far eseguire ad un Laboratorio che ha adottato la norma ISO/IEC 17025 ed è in possesso della relativa certificazione le analisi chimico fisiche necessarie alla corretta classificazione del rifiuto e all'individuazione della tipologia di impianto cui il rifiuto può essere conferito;
- le modalità e i criteri di esecuzione del campionamento di rifiuto ai fini della caratterizzazione chimico- fisica dovranno essere tali da ottenere un campione rappresentativo secondo gli standard di cui alla norma UNI 10802 "Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi – Campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati" e alle norme UNI EN 14899 e UNI EN 15002;
- il certificato di analisi dovrà essere firmato e timbrato da un tecnico specializzato iscritto all'Albo Professionale e dovrà espressamente chiarire se il rifiuto, una volta classificato e caratterizzato, possa essere conferito ad una operazione di recupero e, nell'ipotesi in cui venga avviato ad una operazione di smaltimento, se lo stesso è conferibile ad una discarica per rifiuti inerti, per rifiuti non pericolosi o per rifiuti pericolosi;
- la Direzione Lavori ha la facoltà di richiedere chiarimenti o integrazioni alle analisi eseguite o che si prevede di eseguire. Quando la provenienza e la composizione dei rifiuti è nota a priori, potrà essere effettuata la caratterizzazione "ridotta" dei rifiuti. Nel dubbio sulla composizione e natura del rifiuto, oppure qualora nel set ridotto non dovessero essere comprese una o più sostanze ritenute significative per l'attribuzione della pericolosità del materiale, si potranno aggiungere al set dei parametri per la caratterizzazione "ridotta" ulteriori parametri, da compensare con le voci di sovrapprezzo se economicamente conveniente rispetto all'effettuazione dell'analisi completa (caratterizzazione "completa"). In qualsiasi caso, la responsabilità della corretta attribuzione del CER rimane in capo all'ESECUTORE in qualità di produttore/detentore dei rifiuti;
- nella scelta dell'impianto cui concretamente il rifiuto dovrà essere avviato, l'ESECUTORE dovrà prediligere l'avvio ad una operazione di recupero. L'avvio a smaltimento di un rifiuto ammissibile ad una operazione di recupero ovvero l'avvio ad una discarica di categoria superiore rispetto a quella ammissibile dovrà essere espressamente giustificato dall'Appaltatore, anche basandosi su considerazioni di ordine gestionale o economico e, in ogni caso, sarà sottoposto al nulla osta di FERROVIE.

B) Gestione del deposito temporaneo

- I rifiuti, una volta prodotti, dovranno essere detenuti in deposito temporaneo presso il luogo di produzione nel rispetto delle norme tecniche previste (in particolare, per le terre e rocce da scavo si rimanda all'articolo 23 del D.P.R. n. 120/2017), oltre che dei limiti quantitativi e temporali previsti dalla normativa vigente;

- le aree di deposito temporaneo dei rifiuti debbono essere fisicamente distinte dalle aree dove sono depositate le terre e rocce da scavo costituenti sottoprodotto o materia prima. Tali aree debbono essere preferibilmente recintate, di dimensioni adeguate e poste in lontananza dai ricettori con particolare destinazione d'uso (scuole, ospedali, case di cura, civili abitazioni, ecc.);
- deve essere osservato il generale divieto di miscelazione dei rifiuti pericolosi tra loro oltre che con i rifiuti non pericolosi;
- nell'area di stoccaggio dei rifiuti deve, inoltre, essere prevista apposita segnaletica, ben visibile per dimensione e collocazione, con tabelle indicanti le norme di comportamento per la manipolazione dei rifiuti e per il contenimento dei rischi per la salute dell'uomo e dell'ambiente;
- per i rifiuti normalmente avviati ad operazioni di recupero, il deposito temporaneo deve essere realizzato in modo da non modificare le caratteristiche del rifiuto compromettendone il successivo recupero.

C) Verifica del possesso delle autorizzazioni da parte dei soggetti che effettuano la raccolta, il trasporto, lo smaltimento o il recupero dei rifiuti

- L'ESECUTORE, ove intenda svolgere direttamente un'operazione di trasporto, smaltimento o recupero e risulti in possesso dei requisiti previsti dalla normativa vigente per l'effettuazione della/e medesima/e, dovrà tempestivamente, e comunque prima dell'inizio dei lavori, fornire a FERROVIE copia degli atti autorizzatori/di iscrizione che lo autorizzano, ai sensi della normativa vigente, allo svolgimento delle relative attività di trasporto, smaltimento o recupero;
- nel caso non risulti in possesso dei requisiti di cui al precedente punto, l'ESECUTORE si impegna a servirsi di soggetti autorizzati allo svolgimento delle relative attività e a fornire a FERROVIE tempestivamente, e comunque prima del conferimento dei rifiuti, copia degli atti autorizzatori/di iscrizione posseduti dai soggetti ai quali intende affidare l'operazione di trasporto, smaltimento o recupero;
- l'ESECUTORE si impegna a fornire a FERROVIE, entro i termini di legge, una copia della documentazione prevista dalla normativa vigente atta a far cessare ogni responsabilità del produttore/detentore circa il corretto avvio a smaltimento o recupero dei rifiuti. Il pagamento delle tariffe o comunque di quanto dovuto per la gestione dei rifiuti è subordinato alla corretta esecuzione di tale adempimento;
- ove l'ESECUTORE non provveda al puntuale adempimento degli obblighi circa l'avvio a trasporto, smaltimento o recupero, FERROVIE avrà facoltà di provvedere a propria cura anche al fine di garantire il rispetto degli obblighi normativi. In tale ipotesi, nulla sarà dovuto all'ESECUTORE relativamente a tali adempimenti e fatta salva l'applicazione di ogni altra sanzione normativa o penale.

D) Operazioni preliminari al trasporto dei rifiuti

Prima del trasporto all'impianto di smaltimento/recupero l'ESECUTORE dovrà provvedere ai compiti di seguito elencati:

- carico dei rifiuti su idoneo mezzo di trasporto, debitamente autorizzato ai sensi della normativa vigente;
- accurata pulizia delle aree sgomberate relativamente alle predette operazioni di carico;
- pesatura dei rifiuti mediante pesa stradale o ferroviaria riportante i vari quantitativi (peso

loro, peso netto, tara). In linea di principio, in fase di carico sui mezzi, il peso da considerare è quello stimato dall'ESECUTORE in fase di produzione. Al fine del pagamento dei corrispettivi previsti in materia di gestione di rifiuti, si dovrà far riferimento al peso eventualmente verificato a destino dall'impianto di recupero o smaltimento. Per tale motivo, nella predisposizione della documentazione di legge che accompagna il trasporto dei rifiuti, l'ESECUTORE dovrà sempre prevedere che il peso venga verificato a destino. È data facoltà a FERROVIE di richiedere che il cantiere sia attrezzato con una speciale bascula tarata della portata non inferiore a 20 tonnellate. La bascula sarà del tipo a registrazione automatica e dovrà essere montata attuando ogni accorgimento per la perfetta regolarizzazione del piano di appoggio. In alternativa, ove FERROVIE richieda comunque una pesatura in contraddittorio prima del conferimento all'impianto di destinazione, l'ESECUTORE potrà utilizzare quegli impianti di pesa pubblica autorizzati più prossimi al cantiere, o alle aree di lavoro o agli impianti ferroviari a cui richiederà la certificazione attestante i requisiti di legge. Tale documentazione dovrà essere esibita alla Direzione Lavori a semplice richiesta. In tali ipotesi, ogni operazione di pesatura dovrà essere preventivamente concordata (giorno, ora e luogo) e sarà effettuata formalmente in contraddittorio con la Direzione Lavori, pena il mancato riconoscimento di quelle effettuate in difformità a quanto prescritto;

- eventuali ulteriori attività quali:
 - l'umidificazione dei rifiuti nelle fasi di deposito e di carico per l'abbattimento delle polveri;
 - le operazioni necessarie a consentire il carico, lo scarico ed il trasporto, ivi incluse le eventuali operazioni finalizzate a ridurre il volume dei rifiuti ingombranti;
 - la bagnatura delle strade o delle piste di accesso alle aree oggetto dell'appalto;
 - la conservazione della viabilità pubblica e privata preesistente per l'accesso ai siti di lavoro, mediante pulizia e manutenzione;
 - la predisposizione di segnaletica stradale e di cartellonistica informativa lungo il percorso di accesso al cantiere;
 - la regolarizzazione del piano delle aree di giacenza dei rifiuti, dopo l'asportazione degli stessi, a quello di campagna esistente.

E) Gestione della documentazione

L'ESECUTORE sarà responsabile della corretta gestione e conservazione di tutta la documentazione prevista dalla normativa vigente in materia di gestione dei rifiuti.

Sarà sua cura, a titolo esemplificativo:

- istituire e redigere il registro di carico e scarico dei rifiuti nelle ipotesi in cui lo stesso è obbligatorio;
- predisporre il formulario di identificazione dei rifiuti;
- gestire le attività connesse al ricevimento o al mancato ricevimento della quarta copia dello stesso;
- curare le attività di notifica e di predisposizione della documentazione prevista dal regolamento (UE) n. 1013/2006 del 14 giugno 2006 relativo alla spedizione transfrontaliera di rifiuti.

FERROVIE si riserva la facoltà di verificare che l'ESECUTORE abbia adempiuto e stia adempiendo correttamente ai propri obblighi di gestione della documentazione.