

AUTOSTRADA (A1) : MILANO-NAPOLI

TRATTO : VADO - FIRENZE NORD

INTERVENTI DI RIPRISTINO
DEL VIADOTTO RAGNAIA

OPERA 1826 - progr.km 272+216

PROGETTO ESECUTIVO

- Ripristini e protezione dei calcestruzzi
- Sostituzione di apparecchi di appoggio
- Adeguamento accessibilità per ispezionabilità pulvini

GENERALI

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA

Ing. Lanfranco Bernardini
Ord. Ingg. Arezzo N. 541

RESPONSABILE UFFICIO PCM

IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Massimiliano Giacobbi
Ord. Ingg. Milano N. 20746

IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Massimiliano Giacobbi
Ord. Ingg. Milano N. 20746

RESPONSABILE DIVISIONE
Esercizio e Nuove Attività

CODICE IDENTIFICATIVO

RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO										RIFERIMENTO ELABORATO				Ordinat:			
Codice	Commessa	N.Prog.	Fase											Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.			
5	10177	-299	PE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	GEN-003-1	SCALA: -



PROJECT MANAGER:

SUPPORTO SPECIALISTICO

REVISIONE

n.	data
0	NOVEMBRE 2018
1	MARZO 2019

REDATTO:

VERIFICATO:

VISTO DEL COMMITTENTE

autostrade // per l'italia

autostrade // *per l'italia*

Società per azioni

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

INTERVENTI DI RIPRISTINO DI VIADOTTI AUTOSTRADALI:

VIADOTTO RAGNAIA

A1 progr. km 272+216

* * * * *

- Descrizione dei Lavori	pagg. 12 - 30
- Norme Tecniche d'Appalto	
Qualità e provenienza dei materiali (Parte I)	Pagg. 31 - 57
Norme per l'esecuzione dei lavori (Parte II)	Pagg. 57 - 417
Norme per la misurazione e valutazione dei lavori (Parte III)	Pagg. 417 - 446

autostrade // *per l'italia*

Società per azioni

DESCRIZIONE LAVORI

INDICE

1. PREMESSA.....	11
1.1. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	11
2. INTERVENTI PREVISTI	12
2.1 INTERVENTO "A" – SPALLE	12
2.2 INTERVENTO "B" – PILE	13
2.2.1 Intervento B1 (Pile, elevazioni) Interventi diffusi	13
2.2.2 Intervento B2 (Pile, pulvini di primo impianto) –Superfici laterali -Interventi diffusi	13
2.2.3 Intervento B3 (Pile, pulvini di primo impianto) Interventi localizzati	14
2.2.4 Intervento B4 (Pile, pulvini di primo impianto) - Interventi diffusi	14
2.2.5 Intervento B5 (Pile, pulvini di consolidamento) - Interventi diffusi.....	15
2.2.6 Intervento B6 (Pile, testate barre Dywidag su pulvini) Interventi localizzati.....	16
2.3 INTERVENTO "C" – IMPALCATO – TRAVI	16
2.3.1 Intervento C1 (Impalcato, testate travi esterne) - Interventi localizzati	16
2.3.2 Intervento C2 (Impalcato, travi esterne) - Interventi diffusi	16
2.3.3 Intervento C3 (Impalcato, travi) - Intervento locale	17
2.3.4 Intervento C4 (Impalcato, travi, drenaggi) - Interventi localizzati	18
2.4 INTERVENTO "D" – IMPALCATO – TRAVERSI.....	18
2.4.1 Intervento D1 (Impalcato, traversi di testata) - Interventi diffusi.....	18
2.4.2 Intervento D2 (Impalcato, traversi di testata pila 2) Interventi localizzati.....	18
2.4.3 Intervento D3 (Impalcato, sbalzi traversi) - Interventi localizzati.....	19
2.5 INTERVENTO "E" – IMPALCATO – SOLETTE	19
2.5.1 Intervento E1 (Impalcato, soletta di intervia) - Interventi diffusi	20
2.5.2 Intervento E2 (Impalcato, solette) Interventi diffusi.....	20
2.6 INTERVENTO "F" – IMPALCATO – SBALZI	20
2.6.1 Intervento F1 (Impalcato, sbalzi interni) Interventi diffusi.....	20
2.6.2 Intervento F2 (Impalcato, sbalzi esterni) Interventi diffusi.....	21
2.6.3 Intervento F3 (Impalcato, sbalzi) Interventi localizzati	21
2.7 INTERVENTO "G" – APPOGGI.....	22
2.8 INTERVENTO "H" – GOCCIOLATOI	23
2.9 INTERVENTO "I" – SCALETTE E PASSI D'UOMO	23
3. AREA DI CANTIERE E PONTEGGI.....	24
4. DISCARICHE E GESTIONE MATERIE.....	26
5. INTERFERENZE CON IMPIANTI TECNOLOGICI	26
6. INTERFERENZE CON IL TRAFFICO AUTOSTRADALE.....	27
7. TEMPI DI ESECUZIONE	32
8. PROGRAMMA ESECUTIVO DEI LAVORI.....	32
9. PAGAMENTI	33
10. COMUNICAZIONE CASI DI FORZA MAGGIORE	34

PARTE I.....	36
QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI	36
1.1 Accettazione dei materiali	36
1.2 Conformità e Non Conformità al Capitolato Speciale	37
1.3 Impiego dei materiali	37
1.4 Provvista dei materiali.....	38
1.5 Sostituzione dei luoghi di provenienza dei materiali previsti in contratto	38
1.6 Difetti di costruzione	38
Art. 2 Dichiarazione di conformità e marcatura CE.....	39
2.1 Marcatura CE - Materiali.....	39
2.2 Marcatura CE - Macchinari.....	39
MATERIALI	40
Art. 1 Elementi in Vettoresina (omissis).....	40
Art. 2 Palancole (omissis).....	40
Art. 3 Armatura di micropali, infilaggi e jet-grouting (omissis).....	40
Art. 4 Trefoli per tiranti (omissis).....	40
Art. 5 Fanghi bentonitici (omissis).....	40
Art. 6 Manufatti tubolari in lamiera ondulata (omissis).....	40
Art. 7 Gabbioni e materassi metallici (omissis).....	40
Art. 8 Tubazioni idrauliche.....	40
8.1 Tubi in PVC-U.....	40
8.2 Tubi strutturati in PVC-U, PP e PE.....	41
8.3 Tubi in calcestruzzo non armato e armato.....	41
Art. 9 Pozzetti idraulici.....	41
9.1 Pozzetti prefabbricati in c.a.v.	41
9.2 Pozzetti in PE strutturato	42
Art. 10 Difese spondali (omissis).....	42
Art. 11 Cemento.....	42
Art. 12 Aggregati per c.a.....	43
Art. 13 Acqua di impasto.....	46
Art. 14 Acciaio per c.a.....	46
Art. 15 Reti in barre di acciaio elettrosaldate.....	47
Art. 16 Acciaio per c.a.p.....	48
Art. 17 Acciaio per strutture metalliche.....	48
Art. 18 Misto granulare non legato per fondazione.....	49
Art. 19 Conglomerati bituminosi.....	50
Art. 20 Conglomerati bituminosi fresati.....	50
Art. 21 Acciaio Inossidabile.....	51
Art. 22 Acciai zincati	51
PARTE II.....	54

NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI	54
Art. 1 Scavi.....	57
1.1 Norme generali.....	57
1.2 Scavi di sbancamento	61
1.3 Scavi di fondazione.....	61
1.4 Scavi subacquei e scavi all'asciutto.....	63
Art. 2 Demolizioni e Rimozioni.....	64
2.1 Demolizione di murature, fabbricati e strutture.....	64
2.2 Demolizione di pavimentazione in conglomerato bituminoso.....	66
2.3 Rimozioni	68
Art. 3 Rilevati.....	69
3.1 Definizioni e premesse di carattere generale.....	69
3.2 Aggregati per la formazione dei rilevati.....	75
3.3 Preparazione del piano di posa dei rilevati	82
3.4 Formazione del rilevato.....	92
3.5 Trattamenti delle terre con calce (OMISSIS)	104
3.6 Documentazione dei lavori.....	106
Art. 4 Palancole tipo Larssen (omissis).....	106
Art. 5 Diaframmi in cemento armato (omissis).....	106
Art. 6 Pali di fondazione (omissis)	106
Art. 7 Trattamenti colonnari (omissis).....	106
Art. 8 Pozzi di fondazione (omissis)	106
Art. 9 Dreni (omissis)	106
Art. 10 Tiranti di ancoraggio nei terreni (omissis).....	106
Art. 11 Bulloni e chiodi (omissis).....	106
Art. 12 Lavori in sotterraneo (omissis)	106
Art. 13 Monitoraggio (omissis).....	106
Art. 14 Dispositivi per lo smaltimento dell'acqua dagli impalcati	107
14.1 Campo di applicazione.....	107
14.2 Materiali.....	107
14.3 Posa in opera.....	107
14.4 Controlli ed accettazione.....	108
14.5 Controlli in cantiere.....	108
Art. 15 Manufatti tubolari in lamiera d'acciaio ondulata (omissis).....	108
Art. 16 Gabbioni e materassi metallici (omissis)	108
Art. 17 Sistemi di drenaggio del corpo autostradale (omissis).....	108
Art. 18 Difese spondali (omissis).....	108
Art. 19 Drenaggi (omissis)	108
Art. 20 Conglomerati cementizi semplici e armati (normali e precompressi).....	108
20.1 Materiali.....	108
20.2 Durabilità dei conglomerati cementizi.....	118
20.3 Tipi e classi dei conglomerati cementizi	119
20.4 Qualifica preliminare dei conglomerati cementizi.....	121
20.5 Controlli in corso d'opera.....	124
20.6 Tecnologia esecutiva delle opere.....	127

20.7	Calcestruzzo Reodinamico SCC	144
20.8	Calcestruzzi leggeri.....	145
20.9	Calcestruzzo proiettato (CP) (omissis).....	146
20.10	Calcestruzzo fibrorinforzato per rivestimenti.....	146
20.11	Calcestruzzo ad alta resistenza.....	147
20.12	Elementi prefabbricati.....	148
20.13	Protezione catodica delle solette d'impalcato di ponti e viadotti	149
20.14	Allegato 20.1 Classi di esposizione secondo la UNI 11104.....	151
20.15	Allegato20.2 - Guida alla scelta delle classi di esposizione per manufatti autostradali.....	153
	Art. 21 Conglomerati cementizi fibrorinforzati.....	159
	Art. 22 Iniezione nei cavi di precompressione (omissis)	179
	Art. 23 Ripristino/adequamento d'elementi strutturali in conglomerato cementizio.....	179
23.1	Materiali per il ripristino di superfici degradate.....	179
23.2	Requisiti e metodi di prova dei materiali.....	191
23.3	Accettazione e specifiche prestazionali dei materiali per interventi di ripristino/adequamento	197
23.4	Trattamenti prima del ripristino/adequamento e fasi esecutive.....	205
23.5	Prove e controlli.....	213
23.6	Sistemi protettivi filmogeni e sistemi rasanti millimetrici.....	224
23.7	Requisiti e metodi di prova.....	228
23.8	Accettazione e specifiche prestazionali dei sistemi protettivi	229
23.9	Preparazione del supporto e modalità d'applicazione del sistema protettivo.....	232
23.10	Prove, controllo delle prestazioni e degli spessori, penali.....	235
	Art. 24 Acciaio per c.a. e c.a.p.	238
1.1	Generalità.....	238
24.1	Acciaio in barre ad aderenza migliorata qualificato - Fe B450C e B450A (ex Fe B44K).....	238
24.2	Reti in barre di acciaio elettrosaldate	241
24.3	Zincatura a caldo degli acciai.....	241
24.4	Acciai inossidabili.....	245
24.5	Acciaio per c.a.p.	245
	Art. 25 Acciaio per carpenteria.....	248
25.1	Generalità	248
25.2	Classificazione dei tipi di acciaio secondo EN10025	248
25.3	Approvvigionamento materiali da costruzione.....	248
25.4	Lavorazioni di officina.....	251
25.5	Montaggio.....	253
25.6	Verniciature.....	256
	Art. 26 Apparecchi d'appoggio e dispositivi antisismici	264
26.1	Riferimenti normativi.....	265
26.2	Apparecchi d'appoggio.....	265
26.3	Dispositivi antisismici	285
26.4	Protezione	299
26.5	Manutenzione	301
26.6	Trasporto, immagazzinamento e installazione.....	302
26.7	Piano di assicurazione qualità.....	310
26.8	Penali	310
26.9	Sollevamento impalcato per sostituzione appoggi.....	310
	Art. 27 Giunti di dilatazione su opere d'arte (omissis).....	312
	Art. 28 Rinforzo strutturale con materiali compositi fibrosi (omissis)	312

Art. 29	Misto granulare non legato per fondazione (omissis).....	312
Art. 30	Fondazioni a legante idraulico (omissis).....	312
Art. 31	Pavimentazioni in conglomerato bituminoso.....	312
31.1	Leganti bituminosi di base e modificati	312
31.2	Conglomerati bituminosi a caldo.....	326
31.3	Conglomerati bituminosi di base, collegamento, usura confezionati con bitume "Normale", "Medium" e "Hard".....	329
31.4	Conglomerato bituminoso ad elevata percentuale di vuoti drenanti - fonoassorbenti	346
31.5	Trattamenti superficiali d'irruvidimento	361
31.6	Controlli prestazionali e relative penali.....	369
31.7	Controlli.....	382
Art. 32	Strutture di sostegno e contenimento in elementi prefabbricati (omissis).....	383
Art. 33	Impermeabilizzazione di opere d'arte (omissis)	383
Art. 34	Impermeabilizzazione della superficie di estradosso delle gallerie artificiali (omissis)	383
Art. 35	Segnaletica verticale e orizzontale	383
35.1	Premessa.....	383
35.2	Capo I - Segnaletica verticale (omissis)	384
35.3	Capo II - Delineatori (omissis).....	384
35.4	Capo III - Segnaletica orizzontale	384
Art. 36	Sistemi antirumore (omissis).....	393
Art. 37	Barriere di sicurezza.....	393
	Premessa	393
	Barriere metalliche	399
	Barriere prefabbricate a profilo New Jersey.....	406
	Barriere in acciaio a profilo New Jersey.....	414
	Attenuatori frontali.....	417
Art. 38	Recinzioni metalliche (omissis).....	417
Art. 39	Opere in verde (omissis)	417
Art. 40	Murature (omissis)	417
Art. 41	Intonaci (omissis).....	417
Art. 42	Solai (omissis)	417
Art. 43	Controsoffitti (omissis).....	417
Art. 44	Coperture (omissis).....	417
Art. 45	Mantovane (omissis)	417
Art. 46	Pareti in pannelli prefabbricati (omissis).....	417
Art. 47	Pareti divisorie mobili (omissis)	417
Art. 48	Controfodere (omissis).....	417
Art. 49	Isolamenti (omissis).....	417
Art. 50	Rivestimenti (omissis).....	417
Art. 51	Vespai (omissis)	417
Art. 52	Pavimenti (omissis).....	417
Art. 53	Canali di gronda, pluviali, scossaline, ecc.....	417

Norme generali	417
Bocchettoni.....	418
Canali di Gronda, Foderature, Converse, Scossaline.....	418
Pluviali	419
Strutture e lattronerie in acciaio inox.....	419
Art. 54 Rivestimenti in alluminio e leghe leggere di alluminio (omissis)	420
Art. 55 Infissi (omissis).....	420
Art. 56 Tinteggiature e verniciature (omissis).....	420
Art. 57 Impianti (omissis)	420
PARTE III.....	422
NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI	422
Art. 1 Norme generali.....	422
Art. 2 Lavori in economia.....	423
Art. 3 Scavi - demolizioni - rilevati	423
3.1 Scavi.....	424
3.2 Demolizioni di strutture.....	426
3.3 Preparazione del piano di posa (omissis).....	430
3.4 Formazione di rilevati, riempimenti di cavi e rilevati di precarico... 430	
Art. 4 Pozzi di fondazione e contrafforti a pozzo (omissis).....	434
Art. 5 Palancolate tipo Larssen (omissis).....	434
Art. 6 Diaframmi a parete continua (omissis)	434
Art. 7 Pali di fondazione (omissis)	434
Art. 8 Trattamenti colonnari (Colonne consolidate Jet-grouting)(omissis)	434
Art. 9 Murature in genere e conglomerati cementizi	434
9.1 Murature (omissis).....	434
9.2 Ricostruzioni superficiali con malte cementizie.....	434
9.3 Conglomerati cementizi.....	434
Art. 10 Casseforme - Armature - Centinature - Varo travi prefabbricate.....	439
10.1 Armature.....	439
10.2 Attrezzature speciali autovaranti e autoportanti per l'esecuzione in opera di impalcati di ponti e viadotti (omissis)	441
10.3 Varo di travi prefabbricate in c.a. o c.a.p. - Armatura di sostegno per getto di solette e traversi su travi varate (omissis).....	441
10.4 Centinature (omissis).....	441
10.5 Acciaio per c.a. e c.a.p.....	441
10.6 Tiranti di ancoraggio (omissis).....	443
Art. 11 Muri in elementi prefabbricati - Strutture di sostegno - Pannelli di rivestimento prefabbricati (omissis) 443	
Art. 12 Intonaco - Impermeabilizzazioni - Trattamenti impregnanti e protettivi di superfici in conglomerato cementizio - Conglomerato cementizio spruzzato per rivestimento di pareti.....	443
12.1 Impermeabilizzazioni in cartongesso bitumato e in mastice d'asfalto sintetico e manti impermeabili costituiti da membrane a base bituminosa (omissis)	444
12.2 Manti impermeabili di copertura costituiti da fogli in PVC o in gomma sintetica (omissis)	444
12.3 Impermeabilizzazione di impalcati e gallerie artificiali (omissis)..	444

Art. 13	Manufatti metallici.....	445
Art. 14	Lavori in sotterraneo (omissis)	446
Art. 15	Fondazioni stradali	446
Art. 16	Conglomerati bituminosi	447
Art. 17	Drenaggi (omissis)	447
Art. 18	Gabbioni e materassi metallici - Scogliere per difese spondali (omissis).....	447
Art. 19	Canalette - mantellate - rivestimento di cunette e fossi - manufatti tubolari in lamiera di acciaio ondulata (omissis)	447
Art. 20	Opere in verde (omissis)	447
Art. 21	Segnaletica verticale ed orizzontale	447
Art. 22	Pareti in pannelli prefabbricati (omissis).....	448
Art. 23	Solai (omissis)	448
Art. 24	Controsoffitti (omissis).....	448
Art. 25	Manti di copertura (omissis).....	448
Art. 26	Mantovane (omissis)	448
Art. 27	Pannelli isolanti (omissis)	448
Art. 28	Rivestimenti (omissis)	448
Art. 29	Zoccolini battiscopa (omissis).....	448
Art. 30	Opere in pietra (omissis).....	448
Art. 31	Gradini (omissis).....	448
Art. 32	Cordonature, soglie e davanzali in conglomerato cementizio (omissis).....	448
Art. 33	Pavimentazioni, vespai, pavimenti (omissis)	448
Art. 34	Tubazioni, fognature, manufatti	448
34.1	Generalità	448
34.2	Tubazioni in PVC rigido.....	449
34.3	Tubi in cemento pressato per fognature.....	449
34.4	Pozzetti (omissis)	450
34.5	Vasche (omissis)	450
34.6	Le canne fumarie (omissis).....	450
Art. 35	Infissi (omissis).....	450
Art. 36	Impianto idrico – sanitario (omissis).....	450
Art. 37	Tubazioni di acciaio zincato (omissis).....	450
Art. 38	Impianto di riscaldamento – condizionamento (omissis)	450
Art. 39	Impianto elettrico, telefonico, antenna TV (omissis)	450

1. PREMESSA

La presente relazione contiene la descrizione degli interventi necessari al ripristino del viadotto Ragnaia ubicato alla progressiva km 272+216 dell'Autostrada A1 Milano – Napoli, ricadente nel territorio del comune di Calenzano, in provincia di Firenze.

Lo “stato attuale” considerato nel presente progetto è stato definito sulla base dei disegni di contabilità finale del progetto originario e dei successivi interventi effettuati, dal rilievo visivo e dallo studio di fattibilità dell'intervento di ripristino.

1.1. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- *DECRETO LEGISLATIVO 18 APRILE 2016 N.50 “Codice dei contratti pubblici” (GU n.91 del 19-4-2016 – s.o. n.10 modificato da Legge 21-6-2017 n.96 in GU n.144 del 23-6-2017 s.o. n.31*
- *DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 5 OTTOBRE 2010 n.207*

2. INTERVENTI PREVISTI

Essendo l'opera in oggetto esistente ed in servizio, gli interventi di ripristino sono da inquadrarsi come "riparazioni o interventi locali", ai sensi del punto 8.4 delle Norme Tecniche per le Costruzione approvate con D.M. 14/01/2008.

Successivamente all'installazione dei ponteggi ed all'esecuzione degli eventuali scavi alla base delle sottostrutture previsti in progetto, e comunque preliminarmente all'inizio delle lavorazioni, sarà onere della Direzione dei Lavori definire l'esatta ubicazione degli interventi tipologici di risanamento corticale isospessore dei calcestruzzi previsti a percentuale non localizzata, nonché confermare le previste estensioni degli interventi alla base.

A seguire vengono riportati gli interventi previsti nel progetto di ripristino dell'opera d'arte:

2.1 INTERVENTO "A" – SPALLE

Interventi diffusi riguardanti entrambe le spalle, compresi i muri andatori.

Intervento tipo 1 (Estensione dell'intervento del 35% delle superfici)

- Rattivatura delle superfici esterne esistenti (idrosabbiatura);
- Trattamento con malta cementizia bicomponente polimero modificata "tipo PC", spessore min di 2mm in due mani e successivo rivestimento "tipo PA" (Per le superfici indicate nell'elaborato STR-007);
- Rivestimento protettivo filmogeno con impermeabilizzante-elastico "tipo PP", spessore non inferiore a 250 micron (per tutte le superfici non indicate nell'elaborato STR007).

Intervento tipo 2a (Estensione dell'intervento del 65% delle superfici)

- Asportazione degli strati corticali di calcestruzzo ammalorato eseguita mediante scalpellatura meccanica, spessore medio 3 cm;
- Sistemazione e passivazione dei ferri esistenti;
- Ripristino con malta tixotropica fibrorinforzata "tipo MT1", spessore medio di 3 cm;

- Trattamento con malta cementizia bicomponente polimero modificata "tipo PC", spessore min di 2mm in due mani e successivo rivestimento "tipo PA" (Per le superfici indicate nell'elaborato STR-007);
- Rivestimento protettivo filmogeno con impermeabilizzante-elastico "tipo PP", spessore non inferiore a 250 micron (per tutte le superfici non indicate nell'elaborato STR007).

2.2 INTERVENTO "B" – PILE

2.2.1 Intervento B1 (Pile, elevazioni) Interventi diffusi

L'intervento è localizzato su tutte le superfici di tutte le pile.

Intervento tipo 1 (Estensione dell'intervento del 90% delle superfici)

- Ravvivatura delle superfici esterne esistenti mediante idrosabbatura.
- Rivestimento protettivo filmogeno con impermeabilizzante-elastico "tipo PP", con spessore non inferiore a 250 micron.

Intervento tipo 2a (Estensione dell'intervento del 10% delle superfici)

- Asportazione degli strati corticali di calcestruzzo ammalorato eseguita mediante scalpellatura meccanica, spessore medio 3 cm.
- Sistemazione e passivazione dei ferri esistenti.
- Ripristino con malta tixotropica fibrorinforzata "tipo MT1" per uno spessore medio di 3 cm.
- Rivestimento protettivo filmogeno con impermeabilizzante-elastico "tipo PP", spessore non inferiore a 250 micron.

2.2.2 Intervento B2 (Pile, pulvini di primo impianto) –Superfici laterali -Interventi diffusi

L'intervento è localizzato su tutte le superfici laterali afferenti ai pulvini di primo impianto, ad esclusione delle superfici interessate da intervento B3.

Intervento tipo 1 (Estensione dell'intervento del 50% delle superfici)

- Ravvivatura delle superfici esterne esistenti mediante idrosabbatura.

- Trattamento con malta cementizia bicomponente polimero modificata "tipo PC", spessore min di 2 mm in 2 mani e successivo rivestimento "tipo PA"

Intervento tipo 2a (Estensione dell'intervento del 50% delle superfici)

- Asportazione degli strati corticali di calcestruzzo ammalorato eseguita mediante scalpellatura meccanica, spessore medio 3 cm.
- Sistemazione e passivazione dei ferri esistenti.
- Ripristino con malta tixotropica fibrorinforzata "tipo MT1", spessore medio di 3 cm.
- Trattamento con malta cementizia bicomponente polimero modificata "tipo PC", spessore min di 2mm in due mani e successivo rivestimento "tipo PA"

2.2.3 Intervento B3 (Pile, pulvini di primo impianto) Interventi localizzati

L'intervento è localizzato su tutte le superfici afferenti al pulvino di primo impianto in corrispondenza delle seggiole dei vecchi appoggi. Vedere elaborato dedicato.

Intervento specifico 1 (Estensione dell'intervento del 100% delle superfici)

- Asportazione degli strati corticali di calcestruzzo ammalorato eseguita mediante scalpellatura meccanica, spessore medio 10 cm;
- Sistemazione e passivazione dei ferri di armatura esistenti;
- Pulizia attraverso idrosabbatura di tutte le superfici;
- Trattamento con impregnante di profondità antidegrado applicata a pennello o a spruzzo in ragione di 400 g/mq in due mani di prodotto, seguito da rimozione di impurità espulse;
- Casseratura e colaggio betoncino di "tipo B1", spessore medio 10 cm;
- Ulteriore trattamento con impregnante di profondità antidegrado applicata a pennello o a spruzzo in ragione di 400 g/mq in due mani di prodotto.
- Trattamento con malta cementizia bicomponente polimero modificata "tipo PC", spessore min di 2mm in due mani e successivo rivestimento "tipo PA" sulla sola superficie laterale.

2.2.4 Intervento B4 (Pile, pulvini di primo impianto) - Interventi diffusi

L'intervento è localizzato su tutte le superfici afferenti al pulvino di primo impianto ad esclusione delle superfici interessate da intervento B2 e B3.

Intervento tipo 1 (Estensione dell'intervento del 80% delle superfici)

- Ravvivatura delle superfici esterne esistenti mediante idrosabbiatura.
- Trattamento con malta cementizia bicomponente polimero modificata "tipo PC", spessore min di 2 mm in 2 mani e successivo rivestimento "tipo PA"

Intervento tipo 2a (Estensione dell'intervento del 20% delle superfici)

- Asportazione degli strati corticali di calcestruzzo ammalorato eseguita mediante scalpellatura meccanica, spessore medio 3 cm.
- Sistemazione e passivazione dei ferri esistenti.
- Ripristino con malta tixotropica fibrorinforzata "tipo MT1" per uno spessore medio di 3 cm.
- Trattamento con malta cementizia bicomponente polimero modificata "tipo PC", spessore min di 2mm in due mani e successivo rivestimento "tipo PA"

2.2.5 Intervento B5 (Pile, pulvini di consolidamento) - Interventi diffusi

L'intervento è localizzato su tutte le superfici afferenti al pulvino di consolidamento relativi all'intervento del 1997.

Intervento tipo 1 (Estensione dell'intervento del 90% delle superfici)

- Ravvivatura delle superfici esterne esistenti mediante idrosabbiatura.
- Trattamento con malta cementizia bicomponente polimero modificata "tipo PC", spessore min di 2 mm in 2 mani e successivo rivestimento "tipo PA"

Intervento tipo 2a (Estensione dell'intervento del 10% delle superfici)

- Asportazione degli strati corticali di calcestruzzo ammalorato eseguita mediante scalpellatura meccanica, spessore medio 3 cm.
- Sistemazione e passivazione dei ferri esistenti.
- Ripristino con malta tixotropica fibrorinforzata "tipo MT1" per uno spessore medio di 3 cm.
- Trattamento con malta cementizia bicomponente polimero modificata "tipo PC", spessore min di 2mm in due mani e successivo rivestimento "tipo PA"

2.2.6 Intervento B6 (Pile, testate barre Dywidag su pulvini) Interventi localizzati

L'intervento è localizzato su tutte le superfici esterne delle barre Dywidag afferenti il ringrosso dei pulvini. Estensione del 100%

- Sabbatura a metallo grigio delle parti esterne delle barre Dywidag di grado Sa 2.5 in accordo con Norme ISO 8501 e successiva protezione con mano di fondo zincate 60 micron e due mani di vernice protettiva ad alta durabilità.

2.3 INTERVENTO "C" – IMPALCATO – TRAVI

2.3.1 Intervento C1 (Impalcato, testate travi esterne) - Interventi localizzati

Interventi localizzati sulle testate delle travi esterne per ripristino tampone di testata distaccato. Vedere elaborato dedicato.

Intervento specifico 1 (Estensione dell'intervento del 100% delle superfici)

- Asportazione degli strati corticali di calcestruzzo ammalorato eseguita mediante scalpellatura meccanica, spessore medio 10 cm;
- Sistemazione e passivazione dei ferri di armatura esistenti;
- Pulizia attraverso idrosabbatura di tutte le superfici;
- Trattamento con impregnante di profondità antidegrado applicata a pennello o a spruzzo in ragione di 400 g/mq in due mani di prodotto, seguito da rimozione di impurità espulse;
- Casseratura e colaggio betoncino di "tipo B1", spessore medio 10 cm;
- Ulteriore trattamento con impregnante di profondità antidegrado applicata a pennello o a spruzzo in ragione di 400 g/mq in due mani di prodotto.
- Trattamento con malta cementizia bicomponente polimero modificata "tipo PC", spessore min di 2mm in due mani e successivo rivestimento "tipo PA".

2.3.2 Intervento C2 (Impalcato, travi esterne) - Interventi diffusi

Interventi diffusi sulle superfici esposte all'aria delle travi esterne ad esclusione delle superfici interessate da intervento C1.

Intervento tipo 1 (Estensione dell'intervento del 70% delle superfici)

- Ravnatura delle superfici esterne esistenti mediante idrosabbatura;

- Trattamento con malta cementizia bicomponente polimero modificata "tipo PC", spessore min di 2mm in due mani e successivo rivestimento "tipo PA" (Per le superfici indicate nell'elaborato STR-007);
- Rivestimento protettivo filmogeno con impermeabilizzante-elastico "tipo PP", spessore non inferiore a 250 micron (per tutte le superfici non indicate nell'elaborato STR007).

Intervento tipo 2a (Estensione dell'intervento del 30% delle superfici)

- Asportazione degli strati corticali di calcestruzzo ammalorato eseguita mediante scalpellatura meccanica, spessore medio 3 cm;
- Sistemazione e passivazione dei ferri esistenti;
- Ripristino con malta tixotropica fibrorinforzata "tipo MT1" per uno spessore medio di 3 cm;
- Trattamento con malta cementizia bicomponente polimero modificata "tipo PC", spessore min di 2mm in due mani e successivo rivestimento "tipo PA" (Per le superfici indicate nell'elaborato STR-007);
- Rivestimento protettivo filmogeno con impermeabilizzante-elastico "tipo PP", spess. non inferiore a 250 micron (per tutte le superfici non indicate nell'elaborato STR007).

2.3.3 Intervento C3 (Impalcato, travi) - Intervento locale

Ripristino iniezioni cavi di precompressione, interventi locali ma diffusi in campate n.1,2,5,6. Vedi elaborato dedicato.

- Individuazione del numero e del tracciato dei cavi di precompressione esistenti;
- Esecuzione di saggi locali e prospezioni endoscopiche di verifica;
- Realizzazione di nicchie per iniezione eseguite mediante scalpellatura meccanica;
- Disposizione dell'attrezzatura per iniezione e ripristino dell'iniezione dei cavi;
- Casseratura e getto mediante malta tixotropica fibrorinforzata "tipo MT1", volume medio pari a 1 dmc a nicchia;
- Rivestimento protettivo filmogeno con impermeabilizzante-elastico "tipo PP", spessore non inferiore a 250 micron.

2.3.4 Intervento C4 (Impalcato, travi, drenaggi) - Interventi localizzati

Ripristino tubi di drenaggio posti in corrispondenza delle testate lato Firenze di tutte le travi.

- Rimozione tubi di drenaggio esistenti in metallo;
- Alloggiamento di nuovi tubi di drenaggio in PVC $\varnothing 50\text{mm}$ L=10cm;
- Ripristino con malta tixotropica fibrorinforzata "tipo MT1".

2.4 INTERVENTO "D" – IMPALCATO – TRAVERSI

2.4.1 Intervento D1 (Impalcato, traversi di testata) - Interventi diffusi

Intervento localizzato su tutti i traversi di testata ad esclusione delle superfici interessate da intervento D2.

Intervento tipo 1 (Estensione dell'intervento del 60% delle superfici)

- Ravvivatura delle superfici esterne esistenti mediante idrosabbatura.
- Trattamento con malta cementizia bicomponente polimero modificata "tipo PC", spessore min di 2 mm in due mani e successivo rivestimento "tipo PA".

Intervento tipo 2a (Estensione dell'intervento del 40% delle superfici)

- Asportazione degli strati corticali di calcestruzzo ammalorato eseguita mediante scalpellatura meccanica, spessore medio 3 cm.
- Sistemazione e passivazione dei ferri esistenti.
- Ripristino con malta tixotropica fibrorinforzata "tipo MT1", spessore medio di 3 cm.
- Trattamento con malta cementizia bicomponente polimero modificata "tipo PC", spessore min di 2mm in due mani e successivo rivestimento "tipo PA".

2.4.2 Intervento D2 (Impalcato, traversi di testata pila 2) Interventi localizzati

Intervento localizzato su traverso di testata su pila 2 fra le travi 3 e 4 in via dx. Vedere elaborato dedicato.

Intervento specifico 2 (Estensione dell'intervento del 100% delle superfici)

- Demolizione a sezione obbligata di porzione di traverso lesionata, preservando l'armatura esistente, spess. medio 15cm;
- Sistemazione e passivazione dei ferri esistenti;
- Realizzazione di fori Ø20 per l'inghisaggio di nuove barre di ancoraggio (Ø16);
- Posizionamento e inghisaggio con resina delle nuove barre d'ancoraggio Ø16;
- Posa in opera della nuova armatura del traverso da realizzare in affiancamento all'esistente;
- Rimozione pavimentazione;
- Realizzazione di foro Ø150 in soletta per nuovo getto di progetto;
- Casseratura e getto mediante calcestruzzo reoplastico CE Rck>50 MPa;
- Ripristino della continuità strutturale in soletta e della pavimentazione;
- Trattamento con malta cementizia bicomponente polimero modificata "tipo PC", spessore min di 2mm in due mani e successivo rivestimento "tipo PA".

2.4.3 Intervento D3 (Impalcato, sbalzi traversi) - Interventi localizzati

Intervento tipo 1 (Estensione dell'intervento del 50% delle superfici)

- Rattivatura delle superfici esterne esistenti mediante idrosabbatura.
- Trattamento con malta cementizia bicomponente polimero modificata "tipo PC", spessore min di 2 mm in due mani e successivo rivestimento "tipo PA"

Intervento tipo 2a (Estensione dell'intervento del 50% delle superfici)

- Asportazione degli strati corticali di calcestruzzo ammalorato eseguita mediante scalpellatura meccanica, spessore medio 3 cm.
- Sistemazione e passivazione dei ferri esistenti.
- Ripristino con malta tixotropica fibrorinforzata "tipo MT1" per uno spessore medio di 3 cm.
- Trattamento con malta cementizia bicomponente polimero modificata "tipo PC", spessore min di 2mm in due mani e successivo rivestimento "tipo PA".

2.5 INTERVENTO "E" – IMPALCATO – SOLETTE

2.5.1 Intervento E1 (Impalcato, soletta di intervia) - Interventi diffusi

Intervento localizzato sull'intradosso della soletta di intervia.

Intervento specifico 3 (Estensione dell'intervento del 100% delle superfici)

- Asportazione degli strati corticali di calcestruzzo ammalorato eseguita mediante scalpellatura meccanica, spessore medio 3cm;
- Sistemazione e passivazione dei ferri esistenti;
- Realizzazione di fori $\varnothing 12$ per l'inghisaggio di nuove barre di ancoraggio ($\varnothing 8$);
- Posa di armatura integrativa, rete $\varnothing 8/10 \times 10$ cm;
- Posizionamento e inghisaggio di nuove barre di ancoraggio $\varnothing 8/40 \times 40$ cm;
- Ripristino con malta tixotropica "tipo MT2" per uno spessore medio di 5cm;
- Trattamento con malta cementizia bicomponente polimero modificata "tipo PC", spessore min di 2mm in due mani e successivo rivestimento "tipo PA".

2.5.2 Intervento E2 (Impalcato, solette) Interventi diffusi

Intervento localizzato sull'intradosso della soletta delle campate n°1 e 2.

Intervento tipo 2b (Estensione dell'intervento del 20% delle superfici)

- Asportazione degli strati corticali di calcestruzzo ammalorato eseguita mediante scalpellatura meccanica, spessore medio 3 cm;
- Sistemazione e passivazione dei ferri esistenti;
- Realizzazione di fori $\varnothing 10$ per l'inghisaggio di nuove barre di ancoraggio ($\varnothing 5$);
- Posa di rete elettrosaldata $\varnothing 3/5 \times 5$ cm;
- Posizionamento ed inghisaggio di nuove barre di ancoraggio $\varnothing 5$, n.2/mq;
- Ripristino con malta tixotropica "tipo MT2", spess. medio 3cm.

2.6 INTERVENTO "F" – IMPALCATO – SBALZI

2.6.1 Intervento F1 (Impalcato, sbalzi interni) Interventi diffusi

Interventi localizzati sulle superfici intradossali e verticali esposte all'aria degli sbalzi interni.

Intervento tipo 2b (Estensione dell'intervento del 100% delle superfici)

- Asportazione degli strati corticali di calcestruzzo ammalorato eseguita mediante scalpellatura meccanica, spessore medio 3 cm;
- Sistemazione e passivazione dei ferri esistenti;
- Realizzazione di fori $\varnothing 10$ per l'inghisaggio di nuove barre di ancoraggio ($\varnothing 5$);
- Posa di rete elettrosaldata $\varnothing 3/5 \times 5$ cm;
- Posizionamento ed inghisaggio di nuove barre di ancoraggio $\varnothing 5$, n.2/mq;
- Ripristino con malta tixotropica "tipo MT2", spessore medio 3cm;
- Trattamento con malta cementizia bicomponente polimero modificata "tipo PC", spessore min di 2mm in due mani e successivo rivestimento "tipo PA".

2.6.2 Intervento F2 (Impalcato, sbalzi esterni) Interventi diffusi

Intervento localizzato sulle superfici intradossali e verticali di tutti gli sbalzi esterni.

Intervento tipo 1 (Estensione dell'intervento del 40% delle superfici)

- Ravvivatura delle superfici esterne esistenti mediante idrosabbatura.
- Trattamento con malta cementizia bicomponente polimero modificata "tipo PC", spessore min di 2 mm in due mani e successivo rivestimento "tipo PA".

Intervento tipo 2b (Estensione dell'intervento del 60% delle superfici)

- Asportazione degli strati corticali di calcestruzzo ammalorato eseguita mediante scalpellatura meccanica, spessore medio 3 cm;
- Passivazione dei ferri esistenti;
- Realizzazione di fori $\varnothing 10$ per l'inghisaggio di nuove barre di ancoraggio ($\varnothing 5$);
- Posa di rete elettrosaldata $\varnothing 3/5 \times 5$ cm;
- Posizionamento ed inghisaggio di nuove barre di ancoraggio $\varnothing 5$, n.2/mq;
- Ripristino con malta tixotropica "tipo MT2", spessore medio 3cm;
- Trattamento con malta cementizia bicomponente polimero modificata "tipo PC", spessore min di 2mm in due mani e successivo rivestimento "tipo PA".

2.6.3 Intervento F3 (Impalcato, sbalzi) Interventi localizzati

Interventi localizzati in corrispondenza dei vecchi pluviali dismessi.

- Rimozione pavimentazione mq 0.5;

- Carotaggio $\varnothing 180$ su sbalzo esterno della soletta, in corrispondenza dei ripristini dei fori conseguenti alla dismissione dei vecchi pluviali;
- Ripristino fori lasciati da rimozione pluviali esistenti con betoncino "tipo B2";
- Impermeabilizzazione estradosso per una estensione di circa mq 0.5;
- Ripristino pavimentazione mq 0.5.

2.7 INTERVENTO "G" – APPOGGI

2.7.1 Intervento G1 (Appoggi, nuove mensole) Interventi localizzati

Intervento localizzato sulla struttura a mensola su spalla n°2 per la presa in carico degli impalcati e realizzazione di ritegni trasversali. Vedere elaborato dedicato.

- Asportazione degli strati corticali mediante scalpellatura meccanica nelle superfici alle quali verrà inghisata la struttura di sollevamento;
- Sistemazione e passivazione dei ferri esistenti;
- Realizzazione dei fori per l'inghisaggio delle barre di ancoraggio;
- Posizionamento e inghisaggio con resina delle barre d'ancoraggio della mensola di sollevamento;
- Posa in opera dell'armatura;
- Preparazione delle superfici di contatto;
- Casseratura e getto della struttura a mensola e dei ritegni mediante calcestruzzo reoplastico CE Rck>50 MPa;
- Trattamento con malta cementizia bicomponente polimero modificata "tipo PC", spessore min di 2mm in due mani e successivo rivestimento "tipo PA".

2.7.2 Intervento G2 (Appoggi, nuovi appoggi) - Interventi localizzati

Intervento di sostituzione dei vecchi appoggi con i nuovi su spalla n°2. Vedere elaborato di dettaglio.

- Posizionamento dei martinetti idraulici per la presa di carico degli impalcati sulla nuova struttura a mensola.
- Presa in carico dell'impalcato su martinetti.
- Rimozione degli apparecchi di appoggio esistenti.

- Asportazione del copriferro e realizzazione di scassi in corrispondenza degli appoggi mediante scalpellatura meccanica.
- Posa in opera delle carpenterie metalliche per il collegamento degli appoggi alle travi.
- Posa in opera di nuovi appoggi a riproduzione dello stesso schema di vincolamento di quelli precedentemente rimossi.
- Casseratura e getto degli scassi in corrispondenza degli appoggi con betoncino colabile premiscelato "tipo B2", $R_{ck} > 60$ MPa.
- Rimozione dei martinetti idraulici.

2.8 INTERVENTO "H" – GOCCIOLATOI

Posa in opera di nuovi gocciolatoi lungo gli sbalzi esterni ed interni dell'impalcato, sulle superfici laterali dei pulvini e sulle superfici lato valle delle spalle

2.9 INTERVENTO "I" – SCALETTE E PASSI D'UOMO

2.9.1 Intervento I1 – Realizzazione di nuove scalette e nuove passerelle di ispezione - Interventi localizzati

In corrispondenza dei pulvini di tutte le pile. Vedi elaborato dedicato.

- Demolizione porzione di soletta di intervia interferente con le nuove scalette di accesso per ispezione sui pulvini;
- Risagomatura della porzione di cordolo lato intervia interessato dalla locale demolizione della soletta di intervia, mediante calcestruzzo reoplastico CE $R_{ck} > 50$ MPa ed armatura integrativa inghisata alla struttura esistente;
- Risagomatura delle testate della soletta di intervia preservata, mediante malta tixotropica "tipo MT2" spessore 3cm ed armatura integrativa inghisata alla struttura esistente;
- Posa in opera di nuove scalette in carpenteria metallica per ispezione sui pulvini, con torretta emergente ed accesso dall'attuale carreggiata Sud, inghisate alla struttura del pulvino di primo impianto;
- Posa in opera di elementi in carpenteria metallica e grigliato tipo keller a chiusura della porzione residua di soletta demolita;
- Realizzazione delle passerelle di ispezione intradossali, realizzate con profilati in carpenteria metallica e grigliato tipo keller, inghisate alla struttura del pulvino di

consolidamento.

2.9.2 Intervento I2 – Realizzazione di nuovi passi d'uomo di accesso ai cavedi interni dei pulvini di primo impianto - Interventi localizzati

In corrispondenza dei pulvini di tutte le pile. Vedi elaborato dedicato.

- Realizzazione di aperture 80x80cm sulle pareti intradossali dei pulvini di primo impianto per accesso ai cavedi centrali e risagomatura del perimetro dell'apertura mediante malta tixotropica "tipo MT2" spessore 3cm ed armatura integrativa inghisata alla struttura esistente;
- Realizzazione di aperture 50x50cm sui setti verticali dei pulvini di primo impianto per ispezione visiva dei cavedi laterali e risagomatura del perimetro dell'apertura con profilati tipo UPN 220 metallici inghisati alla struttura esistente;
- Installazione di rete a maglia larga 50x25mm e di rete fine in corrispondenza delle aperture intradossali.

3. AREA DI CANTIERE E PONTEGGI

L'accesso all'area di cantiere avviene a partire dalla strada SP.8 per mezzo di una strada asfaltata nel primo tratto, di nome Via V. Bellini, e per mezzo di una strada forestale nel secondo tratto che raggiunge il viadotto Ragnaia e lo sottopassa in corrispondenza della campata n° 4 tra le pile n° 3 e 4.

La viabilità esistente asfaltata sopra citata non necessita di interventi di sistemazione prima dell'inizio dei lavori, ma si prevede il rifacimento dello strato di usura a lavori ultimati per una lunghezza di 110 m. La strada forestale da utilizzare per raggiungere l'area sottostante il viadotto risulta avere finitura in misto stabilizzato, e si prevede prima dell'inizio dei lavori la sistemazione della stessa operando uno scotico superficiale di 10 cm circa, la posa di membrana geotessile in tessuto non tessuto, il ricarico con inerti per uno spessore di 20 cm, ed il taglio di alcuni rami ed arbusti che hanno occupato il percorso (indicata come "pista di cantiere tipo 1" nell'elaborato STR-012). Si precisa che a fine lavori l'area sarà riportata nelle sue condizioni attuali, rimuovendo il materiale inerte aggiunto e la membrana in tessuto-non tessuto.

Per l'ubicazione campo logistico di cantiere si prevede di utilizzare l'area adiacente alla campata n°3, ad Est del viadotto. In tale area non vi è la presenza di alberi, come

invece risulta essere per le aree circostanti a viadotto. Per il posizionamento delle baracche di cantiere si effettuerà uno scotico superficiale di pulizia, il posizionamento della membrana geotessile, ed il ricarico con 20 cm di inerti.

Per accedere alle pile ed alle spalle non si apriranno nuove piste di cantiere, ma si farà uso delle piste esistenti, utilizzate per la realizzazione del viadotto, con fondo in misto stabilizzato o conglomerato cementizio, prevedendo uno sfalci degli arbusti ed un ricarico con 10 cm di inerti (individuate nell'elaborato STR-012 come: "*piste di cantiere tipo 2*"). Per effettuare le lavorazioni sulle pile e spalle si prevede l'installazione di ponteggi da terra sulle stesse, operando uno scotico superficiale al fine di creare il piano di appoggio. Dato che il profilo del terreno presenta un andamento impervio in corrispondenza delle campate n°1 e 6, si creerà una passerella costituita da ponteggi da terra per raggiungere rispettivamente la spalla lato Bologna e lato Firenze. Per la realizzazione della viabilità di cantiere e per l'installazione di ponteggi non risulta necessario il taglio di alberi ma solo di arbusti, anche di grandi dimensioni.

A fine lavori è previsto la sistemazione delle aree di cantiere come a stato attuale, rimuovendo gli inerti ed operando una ripiantumazione.

Una delle suddette piste sorpassa un fosso di piccole dimensioni in rilevato. Per permetterne l'attraversamento da parte di mezzi di cantiere, ripristinando così la viabilità esistente, si prevede il posizionamento provvisorio di tubi in c.c.a ed inerti (individuato nell'elaborato STR-012). A fine lavori si riporterà la situazione come a stato di fatto, rimuovendo sia i tubi che il materiale inerte.

Nel pacchetto progettuale è stato inserito il documento "Indagine diagnostica sulle strutture della Carreggiata Nord" contenente le risultanze delle indagini sulla parte d'opera in oggetto. Sarà comunque onere dell'impresa e del fornitore del ponteggio multidirezionale la valutazione dell'eshaustività dei dati e procedere ad indagini integrative in quanto di pertinenza, finalizzate al dimensionamento degli ancoraggi dei ponteggi alla struttura del viadotto. Per un'ottimizzazione a livello economico, temporale e di sicurezza, le lavorazioni sono state divise in tre sottofasi di lavoro da sotto il viadotto. Per una migliore comprensione dell'organizzazione e della logistica del cantiere si rimanda agli elaborati relativi alla sicurezza: SIC-003, SIC-004, SIC-005, al cronoprogramma: GEN-005, ed alla tavola STR-012.

4. DISCARICHE E GESTIONE MATERIE

La discarica di riferimento per lo smaltimento di tutti i materiali di risulta del cantiere, sia inorganici che organici, è “*Selin Firenze*”, Via Antonio Caponnetto, Calenzano (FI). La distanza dall'opera è di circa 15 km.

In progetto è prevista la movimentazione di circa 522 mc di terreno proveniente dalla pulizia effettuata in prossimità di spalle, pile e dallo scotico per la realizzazione delle piste ed aree di cantiere. Di questa quantità circa 462 mc vengono riutilizzati per la riprofilatura e per la sistemazione dei luoghi (come da stato attuale) a fine lavori. Si prevede, a tal fine, un'area di stoccaggio provvisoria del materiale indicata come: “area logistica, ricovero mezzi e stoccaggio materiale” nell'elaborato: STR-012.

I 60 mc di risulta, provenienti dalla sistemazione dell'area logistica posta sotto al viadotto, saranno portati nella discarica individuata.

Per le quantità di inerti utilizzati per le aree di cantiere, il calcestruzzo e l'acciaio di risulta dalle demolizioni da conferire nella discarica individuata si faccia riferimento all'elaborato CCP-003.

Per quanto riguarda i codici CER per la progettazione in oggetto sono:

- Codice CER 17 01 01 – Cemento ed inerti;
- Codice CER 17 04 05 – Ferro e acciaio;
- Codice CER 17 05 04 – Terra e rocce;
- Codice CER 17 01 01 – Rifiuti misti;

Sarà onere dell'appaltatore effettuare le prove di laboratorio necessarie alla classificazione dei materiali da conferire a discarica. Nel presente appalto, le somme da destinare a tale voce sono presenti in percentuale nelle somme a disposizione come riportato nel quadro economico.

In generale sarà a carico dell'impresa la gestione, lo smaltimento ed il trasporto dei materiali di risulta.

5. INTERFERENZE CON IMPIANTI TECNOLOGICI

Le interferenze con gli impianti tecnologici sono state censite con l'ausilio dell'ufficio competente del concessionario dell'opera per il relativo tronco. Da tale confronto è risultato

che in corrispondenza del cordolo esterno in carreggiata Sud si rileva la presenza di un cavo di Fibra Ottica con sviluppo pari a 176 m.

Sono inoltre presenti sul cordolo esterno di carreggiata Nord canalette per vecchi impianti dismessi (cavo 7 bicoppie in rame per telefonia, 2 cavi coassiali in rame e cavo per 18 fibre ottiche), di cui si prevede unicamente la dismissione.

La risoluzione delle interferenze è a carico della Committente che provvederà alla messa in provvisorio prima dell'inizio dei lavori principali in modo da non interferire con essi, ed al successivo ripristino in loco per quanto riguarda gli impianti tuttora attivi.

6. INTERFERENZE CON IL TRAFFICO AUTOSTRADALE

Sono presenti interferenze con il traffico autostradale di seguito riportate.

Per le diverse fasi lavorative verranno utilizzati gli schemi segnaletici previsti nelle tavole allegate, rif. 510177-299-DENASIC-003-004.

A monte della spalla lato Firenze, in entrambe le carreggiate, sono presenti le gallerie Ragnaia 1 e Ragnaia 2 con inizio, rispettivamente, alla progressiva Km 272+500 e Km 272+700 circa e lunghezza, rispettivamente, pari a 70m e 130m. Prevedere il posizionamento della presegnaletica prima della galleria.

Per la cantierizzazione si fa riferimento al disciplinare tecnico relativo agli schemi segnaletici, differenziati per categoria di strada, da adottare per il segnalamento temporaneo (D.M. 10/07/2002), aggiornamento "Linee Guida" giugno 2017 di Autostrade per l'Italia.

Il lavoro è suddiviso per fasi:

Fase 1:

Sottofase 1a – Montaggio ponteggio carr. Sud (destra)

Prima dell'inizio delle lavorazioni, per il montaggio dei ponteggi multidirezionali sospesi, verrà eseguita la chiusura della corsia di marcia applicando lo schema S02 del D.M. 10/07/2002, aggiornamento "Linee Guida" ASPI edizione giugno 2017. Per tali lavorazioni è obbligatoria la persistenza dell'automezzo con il freccione per l'intero orario lavorativo.

Sottofase 1b – Montaggio ponteggio carr. Nord (sinistra)

Prima dell'inizio delle lavorazioni, per il montaggio dei ponteggi multidirezionali sospesi,

verrà eseguita la chiusura della corsia di marcia applicando lo schema S02 del D.M. 10/07/2002, aggiornamento "Linee Guida" ASPI edizione giugno 2017. Per tali lavorazioni è obbligatoria la persistenza dell'automezzo con il freccione per l'intero orario lavorativo.

Fase 1 – Lavorazioni

Le lavorazioni avverranno accedendo ai ponteggi da terra.

L'area logistica sarà allestita in prossimità del viadotto stesso da come si evince dal piano particellare di esproprio. Essa sarà raggiungibile per mezzo di una strada forestale esistente che parte da via V. Bellini, strada locale accessibile dalla Strada Provinciale SP8.

Per l'esecuzione dell'intervento D2, ovvero il ripristino localizzato del traverso di testata su pila 2 tra le travi 3 e 4 in via dx, si prevede la realizzazione di un foro in soletta per l'esecuzione dall'alto del getto di cls. Tali operazioni, completate dal ripristino della continuità della soletta e della pavimentazione, dovranno essere eseguite dalla piattaforma autostradale e pertanto verrà eseguita la chiusura notturna della corsia di marcia applicando lo schema S02 del D.M. 10/07/2002, aggiornamento "Linee Guida" ASPI edizione giugno 2017. Per tali lavorazioni è obbligatoria la persistenza dell'automezzo con il freccione per l'intero orario lavorativo. Tale lavorazione viene ulteriormente descritta nel p.to D del presente PSC.

Per l'esecuzione dell'intervento F3, ovvero il ripristino localizzato dei vecchi pluviali dismessi posizionati sugli sbalzi esterni ed interni, si prevedono alcune lavorazioni da eseguire dall'alto direttamente sulla piattaforma autostradale delimitando l'area con opportune barriere di protezione in cls tipo New Jersey. Verrà eseguita la chiusura notturna alternata della corsia di marcia o della corsia di sorpasso in base alla zona oggetto di intervento applicando rispettivamente lo schema S02 o S03 del D.M. 10/07/2002, aggiornamento "Linee Guida" ASPI edizione giugno 2017. Per tali lavorazioni è obbligatoria la persistenza dell'automezzo con il freccione per l'intero orario lavorativo. Tale lavorazione viene ulteriormente descritta nel p.to D del presente PSC.

Per l'esecuzione dell'intervento I1, ovvero la realizzazione di nuove scalette e nuove passerelle di ispezione si prevedono alcune lavorazioni da eseguire dall'alto direttamente sulla piattaforma autostradale e pertanto verrà eseguita la chiusura notturna, in carr. Sud e Nord, della corsia di sorpasso applicando lo schema S03 del D.M. 10/07/2002, aggiornamento "Linee Guida" ASPI edizione giugno 2017. Per tali lavorazioni è obbligatoria la persistenza dell'automezzo con il freccione per l'intero orario lavorativo.

Tale lavorazione viene ulteriormente descritta nel p.to D del presente PSC.

Inoltre, durante le lavorazioni, al fine di permettere l'approvvigionamento di materiale, avverrà, a settimane alterne, la chiusura notturna della corsia di marcia della carr. Sud o Nord tramite lo schema S02 (D.M. 10/07/2002, aggiornamento "Linee Guida" ASPI edizione giugno 2017). Per tali lavorazioni è obbligatoria la persistenza dell'automezzo con il freccione per l'intero orario lavorativo.

Sottofase 1c – Smontaggio ponteggio carr. Sud (destra)

Alla fine delle lavorazioni, per lo smontaggio dei ponteggi multidirezionali sospesi, verrà eseguita la chiusura della corsia di marcia applicando lo schema S02 del D.M. 10/07/2002, aggiornamento "Linee Guida" ASPI edizione giugno 2017. Per tali lavorazioni è obbligatoria la persistenza dell'automezzo con il freccione per l'intero orario lavorativo.

Sottofase 1d – Smontaggio ponteggio carr. Nord (sinistra)

Alla fine delle lavorazioni, per lo smontaggio dei ponteggi multidirezionali sospesi, verrà eseguita la chiusura della corsia di marcia applicando lo schema S02 del D.M. 10/07/2002, aggiornamento "Linee Guida" ASPI edizione giugno 2017. Per tali lavorazioni è obbligatoria la persistenza dell'automezzo con il freccione per l'intero orario lavorativo.

Fase 2:

Sottofase 2a – Montaggio ponteggio carr. Sud (destra)

Prima dell'inizio delle lavorazioni, per il montaggio dei ponteggi multidirezionali sospesi, verrà eseguita la chiusura della corsia di marcia applicando lo schema S02 del D.M. 10/07/2002, aggiornamento "Linee Guida" ASPI edizione giugno 2017. Per tali lavorazioni è obbligatoria la persistenza dell'automezzo con il freccione per l'intero orario lavorativo.

Sottofase 2b – Montaggio ponteggio carr. Nord (sinistra)

Prima dell'inizio delle lavorazioni, per il montaggio dei ponteggi multidirezionali sospesi, verrà eseguita la chiusura della corsia di marcia applicando lo schema S02 del D.M. 10/07/2002, aggiornamento "Linee Guida" ASPI edizione giugno 2017. Per tali lavorazioni è obbligatoria la persistenza dell'automezzo con il freccione per l'intero orario lavorativo.

Fase 2 – Lavorazioni

Le lavorazioni avverranno accedendo ai ponteggi da terra.

L'area logistica sarà la tessa allestita per la fase 1.

Per l'esecuzione dell'intervento F3, ovvero il ripristino localizzato dei vecchi pluviali dismessi posizionati sugli sbalzi esterni ed interni, si prevedono alcune lavorazioni da

eseguire dall'alto direttamente sulla piattaforma autostradale delimitando l'area con opportune barriere di protezione in cls tipo New Jersey. Verrà eseguita la chiusura notturna alternata della corsia di marcia o della corsia di sorpasso in base alla zona oggetto di intervento applicando rispettivamente lo schema S02 o S03 del D.M. 10/07/2002, aggiornamento "Linee Guida" ASPI edizione giugno 2017. Per tali lavorazioni è obbligatoria la persistenza dell'automezzo con il freccione per l'intero orario lavorativo. Tale lavorazione viene ulteriormente descritta nel p.to D del presente PSC.

Per l'esecuzione dell'intervento I1, ovvero la realizzazione di nuove scalette e nuove passerelle di ispezione si prevedono alcune lavorazioni da eseguire dall'alto direttamente sulla piattaforma autostradale e pertanto verrà eseguita la chiusura notturna, in carr. Sud e Nord, della corsia di sorpasso applicando lo schema S03 del D.M. 10/07/2002, aggiornamento "Linee Guida" ASPI edizione giugno 2017. Per tali lavorazioni è obbligatoria la persistenza dell'automezzo con il freccione per l'intero orario lavorativo. Tale lavorazione viene ulteriormente descritta nel p.to D del presente PSC.

Inoltre, durante le lavorazioni, al fine di permettere l'approvvigionamento di materiale, avverrà, a settimane alterne, la chiusura notturna della corsia di marcia della carr. Sud o Nord tramite lo schema S02 (D.M. 10/07/2002, aggiornamento "Linee Guida" ASPI edizione giugno 2017). Per tali lavorazioni è obbligatoria la persistenza dell'automezzo con il freccione per l'intero orario lavorativo.

Sottofase 2c – Smontaggio ponteggio carr. Sud (destra)

Alla fine delle lavorazioni, per lo smontaggio dei ponteggi multidirezionali sospesi, verrà eseguita la chiusura della corsia di marcia applicando lo schema S02 del D.M. 10/07/2002, aggiornamento "Linee Guida" ASPI edizione giugno 2017. Per tali lavorazioni è obbligatoria la persistenza dell'automezzo con il freccione per l'intero orario lavorativo.

Sottofase 2d – Smontaggio ponteggio carr. Nord (sinistra)

Alla fine delle lavorazioni, per lo smontaggio dei ponteggi multidirezionali sospesi, verrà eseguita la chiusura della corsia di marcia applicando lo schema S02 del D.M. 10/07/2002, aggiornamento "Linee Guida" ASPI edizione giugno 2017. Per tali lavorazioni è obbligatoria la persistenza dell'automezzo con il freccione per l'intero orario lavorativo.

Fase 3:

Sottofase 3a – Montaggio ponteggio carr. Sud (destra)

Prima dell'inizio delle lavorazioni, per il montaggio dei ponteggi multidirezionali sospesi,

verrà eseguita la chiusura della corsia di marcia applicando lo schema S02 del D.M. 10/07/2002, aggiornamento "Linee Guida" ASPI edizione giugno 2017. Per tali lavorazioni è obbligatoria la persistenza dell'automezzo con il freccione per l'intero orario lavorativo.

Sottofase 3b – Montaggio ponteggio carr. Nord (sinistra)

Prima dell'inizio delle lavorazioni, per il montaggio dei ponteggi multidirezionali sospesi, verrà eseguita la chiusura della corsia di marcia applicando lo schema S02 del D.M. 10/07/2002, aggiornamento "Linee Guida" ASPI edizione giugno 2017. Per tali lavorazioni è obbligatoria la persistenza dell'automezzo con il freccione per l'intero orario lavorativo.

Fase 3 – Lavorazioni

Le lavorazioni avverranno accedendo ai ponteggi da terra.

L'area logistica sarà la tessa allestita per la fase 1.

Per l'esecuzione dell'intervento F3, ovvero il ripristino localizzato dei vecchi pluviali dismessi posizionati sugli sbalzi esterni ed interni, si prevedono alcune lavorazioni da eseguire dall'alto direttamente sulla piattaforma autostradale delimitando l'area con opportune barriere di protezione in cls tipo New Jersey. Verrà eseguita la chiusura notturna alternata della corsia di marcia o della corsia di sorpasso in base alla zona oggetto di intervento applicando rispettivamente lo schema S02 o S03 del D.M. 10/07/2002, aggiornamento "Linee Guida" ASPI edizione giugno 2017. Per tali lavorazioni è obbligatoria la persistenza dell'automezzo con il freccione per l'intero orario lavorativo. Tale lavorazione viene ulteriormente descritta nel p.to D del presente PSC.

Per l'esecuzione dell'intervento I1, ovvero la realizzazione di nuove scalette e nuove passerelle di ispezione si prevedono alcune lavorazioni da eseguire dall'alto direttamente sulla piattaforma autostradale e pertanto verrà eseguita la chiusura notturna, in carr. Sud e Nord, della corsia di sorpasso applicando lo schema S03 del D.M. 10/07/2002, aggiornamento "Linee Guida" ASPI edizione giugno 2017. Per tali lavorazioni è obbligatoria la persistenza dell'automezzo con il freccione per l'intero orario lavorativo. Tale lavorazione viene ulteriormente descritta nel p.to D del presente PSC.

Inoltre, durante le lavorazioni, al fine di permettere l'approvvigionamento di materiale, avverrà, a settimane alterne, la chiusura notturna della corsia di marcia della carr. Sud o Nord tramite lo schema S02 (D.M. 10/07/2002, aggiornamento "Linee Guida" ASPI edizione giugno 2017). Per tali lavorazioni è obbligatoria la persistenza dell'automezzo con il freccione per l'intero orario lavorativo.

Sottofase 3c – Smontaggio ponteggio carr. Sud (destra)

Alla fine delle lavorazioni, per lo smontaggio dei ponteggi multidirezionali sospesi, verrà eseguita la chiusura della corsia di marcia applicando lo schema S02 del D.M. 10/07/2002, aggiornamento "Linee Guida" ASPI edizione giugno 2017. Per tali lavorazioni è obbligatoria la persistenza dell'automezzo con il freccione per l'intero orario lavorativo.

Sottofase 3d – Smontaggio ponteggio carr. Nord (sinistra)

Alla fine delle lavorazioni, per lo smontaggio dei ponteggi multidirezionali sospesi, verrà eseguita la chiusura della corsia di marcia applicando lo schema S02 del D.M. 10/07/2002, aggiornamento "Linee Guida" ASPI edizione giugno 2017. Per tali lavorazioni è obbligatoria la persistenza dell'automezzo con il freccione per l'intero orario lavorativo.

7. TEMPI DI ESECUZIONE

Si prevede una durata complessiva dei lavori di 333 giorni lavorativi (465 giorni naturali e consecutivi).

L'Impresa dovrà porre in opera ogni accorgimento al fine che le lavorazioni non costituiscano pericolo per i veicoli in transito e le maestranze in cantiere.

La sequenza temporale e la durata delle singole lavorazioni sono specificati nel cronoprogramma, riportato nell'elaborato GEN005.

8. PROGRAMMA ESECUTIVO DEI LAVORI

Entro 10 giorni decorrenti dal verbale di consegna e, se più restrittivo, prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori il Programma Esecutivo di cui all'art. 43, comma 10, del Regolamento 2010/207 (*).

Il Programma Esecutivo dovrà essere idoneo al pieno adempimento delle obbligazioni assunte dall'appaltatore ed evidenziare, per ogni lavorazione, con allegati grafici, le previsioni circa il periodo di esecuzione nonché l'ammontare presunto, parziale e progressivo, dell'avanzamento dei lavori alle date contrattualmente stabilite per la liquidazione dei certificati di pagamento.

Tale programma dovrà altresì precisare quantità e tipo di macchine e degli impianti che l'appaltatore intende impiegare nonché il termine del loro approntamento in cantiere.

Fermo restando quanto eventualmente previsto in contratto relativamente a vincoli, interferenze con le lavorazioni affidate ad altri appaltatori ed ogni altra situazione rilevante ai fini dell'esecuzione dei lavori il Committente si riserva la facoltà di dare ulteriori direttive

all'Appaltatore su tali circostanze.

L'Appaltatore avrà 10 giorni di tempo per adeguare il Programma Esecutivo alle direttive ricevute relativamente alle quali non potrà avanzare nessuna richiesta di compensi né accampare alcun particolare diritto.

Il Programma Esecutivo sarà oggetto di revisione qualora vengano disposte varianti in corso d'opera dei lavori.

La mancata presentazione del programma esecutivo dà facoltà al Committente di non stipulare o di risolvere il contratto per colpa dell'Appaltatore, mentre la ritardata presentazione comporterà una trattenuta giornaliera, pari alla penale per ritardata ultimazione prevista in contratto, da applicare dal primo stato di avanzamento.

() Decreto del Presidente della Repubblica 5 Ottobre 2010 N. 207*

In vigore: Decreto Legislativo 18 Aprile 2016 N. 50 Codice dei contratti pubblici – modificato dalla Legge del 21-06-2017

9. PAGAMENTI

I corrispettivi delle opere verranno valutati e determinati interamente a misura mediante l'applicazione dei prezzi unitari offerti dall'Appaltatore di cui alla "lista delle categorie di lavoro e forniture" compilata dall'appaltatore in sede di gara cui verrà applicata la percentuale di discordanza risultante dalle verifiche previste dall'art. 119 comma 7 del DPR n. 207 del 05/10/2010.

Il calcolo dello stato di avanzamento economico degli oneri relativi alla sicurezza sarà effettuato dal Direttore dei Lavori con l'ausilio del Coordinatore della Sicurezza in fase di Esecuzione e sarà applicata ai SAL.

Per definire i pagamenti all'impresa appaltatrice si darà luogo alla compilazione di uno stato di avanzamento del lavoro con cadenza bimestrale.

Su ogni certificato di acconto sarà effettuata, secondo le norme vigenti, la trattenuta di garanzia dello 0,50% sull'importo progressivo netto dei lavori per la tutela, sicurezza, salute, assicurazione ed assistenza dei lavoratori, ai sensi dell'art. del contratto "Prescrizioni a tutela dei lavoratori".

Qualora i risultati delle verifiche compiute durante il corso dei lavori non avessero dato esito nel complesso favorevole, la società potrà effettuare altre trattenute nella misura che riterrà opportuna, in pendenza dell'esito del collaudo.

10. COMUNICAZIONE CASI DI FORZA MAGGIORE

Nel caso di danni causati da forza maggiore l'esecutore ne fa denuncia al direttore dei lavori entro cinque giorni da quello dell'evento, a pena di decadenza del diritto al risarcimento.

L'esecutore non può sospendere o rallentare l'esecuzione dei lavori, tranne in quelle parti per le quali lo stato delle cose debba rimanere inalterato sino a che non sia eseguito l'accertamento dei fatti.

Nessun indennizzo è dovuto quando a determinare il danno abbia concorso la colpa dell'esecutore o delle persone delle quali esso è tenuto a rispondere.

autostrade // *per l'italia*

Società per azioni

QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI

PARTE I

PARTE I

QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI

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

1.1 Accettazione dei materiali

I materiali da impiegare nei lavori dovranno essere:

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

Tutti gli oneri per prelievi, prove di laboratorio e certificati relativi ai punti a), b), c) e d) rimangono ad esclusivo carico dell'Appaltatore mentre le prove di laboratorio e le certificazioni relative al punto e) sono a carico della Committente, permanendo - anche per quest'ultime - a

carico dell'Appaltatore l'onere dei prelievi, dell'eventuale conservazione dei campioni e delle prove che diano esito negativo.

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

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

1.2 Conformità e Non Conformità al Capitolato Speciale

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

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

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

1.3 Impiego dei materiali

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

Nel caso sia stato autorizzato per ragioni di necessità o convenienza da parte del Direttore dei Lavori l'impiego di materiali o componenti aventi qualche carenza nelle dimensioni, nella consistenza o nella qualità, ovvero sia stata autorizzata una lavorazione di minor pregio, viene

applicata una adeguata riduzione del prezzo in sede di contabilizzazione, sempre che l'opera sia accettabile senza pregiudizio e salve le determinazioni definitive dell'organo di collaudo.

1.4 Provvista dei materiali

Se gli atti contrattuali non contengono specifica indicazione, l'Appaltatore è libero di scegliere il luogo ove rifornirsi dei materiali necessari alla realizzazione del lavoro, purchè essi abbiano le caratteristiche prescritte dai documenti tecnici allegati al contratto. Le eventuali modifiche di tale scelta non comportano diritto al riconoscimento di maggiori oneri, nè all'incremento dei prezzi pattuiti. Nel prezzo dei materiali sono compresi tutti gli oneri derivanti all'Appaltatore dalla loro fornitura a piè d'opera, compresa ogni spesa per eventuali aperture di cave, estrazioni, trasporto da qualsiasi distanza e con qualsiasi mezzo, occupazioni temporanee, ripristino dei luoghi, indennizzi ed indennità a Terzi.

1.5 Sostituzione dei luoghi di provenienza dei materiali previsti in contratto

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

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

1.6 Difetti di costruzione

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

Qualora il Direttore Lavori presuma che esistano difetti di costruzione, può ordinare che le necessarie verifiche siano disposte in contraddittorio con l'Appaltatore che dovrà farsi carico di tutte le attività necessarie a consentire l'espletamento delle verifiche. Quando i vizi di costruzione siano accertati, le spese delle verifiche sono a carico dell'Appaltatore, in caso contrario l'Appaltatore ha diritto al

rimborso di tali spese e di quelle sostenute per il ripristino della situazione originaria, con esclusione di qualsiasi altro indennizzo o compenso.

Art. 2 Dichiarazione di conformità e marcatura CE

I prodotti che riportano la marcatura CE - che ne attesta l'idoneità per un dato impiego previsto, secondo un insieme di prestazioni minime che si rifanno ai requisiti essenziali del Regolamento UE n°305/2011 - beneficiano di presunzione di rispondenza alle caratteristiche dichiarate.

2.1 Marcatura CE - Materiali

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

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

2.2 Marcatura CE - Macchinari

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

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

MATERIALI

Vengono di seguito riassunte le caratteristiche dei materiali di più frequente utilizzo nelle lavorazioni. Per tutti gli altri componenti occorrerà fare riferimento agli specifici capitoli delle "Norme per l'esecuzione dei lavori".

Art. 1 *Elementi in Vetoresina (omissis)*

Art. 2 *Palancole (omissis)*

Art. 3 *Armatura di micropali, infilaggi e jet-grouting (omissis)*

Art. 4 *Trefoli per tiranti (omissis)*

Art. 5 *Fanghi bentonitici (omissis)*

Art. 6 *Manufatti tubolari in lamiera ondulata (omissis)*

Art. 7 *Gabbioni e materassi metallici (omissis)*

Art. 8 *Tubazioni idrauliche*

Per i sistemi di drenaggio e fognatura bianca del corpo autostradale è previsto l'impiego di:

- tubi in PVC-U per fognature;
- tubi strutturati in PVC-U, PP e PE;
- tubi in cls non armato e armato con fibre di acciaio e con armature tradizionali.

8.1 Tubi in PVC-U

I tubi in PVC-U per fognature saranno conformi alla norma UNI EN 1401 per:

- caratteristiche dei materiali per i tubi e per i raccordi;
- dimensioni dei tubi (diametri, lunghezze, spessori della parete);
- dimensioni dei raccordi, dei bicchieri, dei codoli;
- caratteristiche fisiche dei tubi e dei raccordi;
- caratteristiche meccaniche dei tubi e dei raccordi;
- requisiti prestazionali (tenuta, resistenza a cicli termici);

- requisiti delle guarnizioni;
- requisiti degli adesivi per le giunzioni.

8.2 Tubi strutturati in PVC-U, PP e PE

I tubi strutturati in PVC-U, PP e PE saranno conformi alla norma UNI 10968 per:

- caratteristiche dei materiali per i tubi e per i raccordi;
- metodi di giunzione;
- dimensioni dei tubi (diametri, lunghezze, spessori della parete);
- dimensioni dei raccordi;
- profili di parete;
- caratteristiche fisiche dei tubi e dei raccordi;
- caratteristiche meccaniche dei tubi e dei raccordi;
- requisiti prestazionali (tenuta dei tubi e delle giunzioni, resistenza a cicli termici, trazione delle giunzioni);
- requisiti delle guarnizioni;
- requisiti degli adesivi per le giunzioni.

8.3 Tubi in calcestruzzo non armato e armato

Sono adottabili tubi in calcestruzzo non armato e armato con una o più gabbie d'acciaio o con fibre in acciaio.

Il calcestruzzo, così come i diversi materiali componenti (aggregati, acqua d'impasto, additivi, aggiunte, nonché acciaio di armatura e fibre di acciaio) dovranno essere conformi a quanto stabilito nella norma UNI EN 1916.

I giunti devono consentire il regolare accoppiamento geometrico dei tubi ed il loro allineamento in modo che quando i tubi sono posti in opera la loro superficie interna venga a costituire una condotta regolare e priva di discontinuità nel diametro. Il disegno del giunto, tenuto conto del tipo di giunzione e delle tolleranze effettive, dovrà assicurare la tenuta idraulica della condotta nelle condizioni di esercizio.

Le guarnizioni di tenuta saranno conformi alla EN 681-1, atte a garantire la tenuta idraulica perfetta ad una pressione interna di esercizio di 0,5 atm e, per quanto riguarda la durabilità, ai requisiti della UNI EN 1916.

Art. 9 Pozzetti idraulici

I pozzetti di previsto impiego per ispezione, incrocio e salto nei sistemi di drenaggio e fognatura bianca del corpo autostradale sono:

- pozzetti prefabbricati in c.a.v.;
- pozzetti in PE strutturato.

9.1 Pozzetti prefabbricati in c.a.v.

Il calcestruzzo, così come i diversi materiali componenti (aggregati, acqua d'impasto, additivi, aggiunte, nonché acciaio di armatura e fibre di acciaio) dovranno essere conformi a quanto stabilito nella norma UNI EN 1917. Il

calcestruzzo, realizzato con cemento ad alta resistenza ai solfati, avrà Rck non inferiore a 40 MPa.

Le guarnizioni di tenuta tra i diversi elementi del prefabbricato, incorporate nel giunto in fase di prefabbricazione ovvero fornite unitamente al manufatto da parte del fabbricante, saranno conformi alla UNI EN 681-1.

I pozzetti dovranno essere atti a sopportare le spinte del terreno e del sovraccarico stradale in ogni loro componente (elemento di base, elementi di prolunga, elemento terminale).

Essi dovranno inoltre essere tali da garantire il rispetto delle prescrizioni contenute nell'all. 4 dei "Criteri, metodologie e norme tecniche generali" di cui all'art. 2, lett. B), D), E), della L. 10.5.1976, n. 319, recante le norme per la tutela delle acque.

In caso di presenza di scale per l'accesso al fondo, i gradini saranno in tondino di acciaio rivestito in polipropilene antisdrucchiolo o verniciato antiruggine, opportunamente bloccati nella parete con malta espansiva.

9.2 Pozzetti in PE strutturato

I pozzetti in polietilene strutturato saranno certificati dal marchio IIP UNI rilasciato dall'Istituto Italiano dei Plastici e conformi alle norme UNI EN 13598-1 e pr EN 13598-2 per quanto riguarda caratteristiche dei materiali costituenti e delle guarnizioni, caratteristiche generali, geometriche e meccaniche e requisiti prestazionali.

I pozzetti dovranno essere idonei a sopportare le spinte del terreno e del sovraccarico stradale in ogni loro componente (elemento di base, elementi di prolunga, elemento terminale).

I pozzetti potranno essere con elemento di base stampato, costituiti da:

- elemento di base in PEMD stampato, predisposto per l'innesto delle tubazioni;
- elementi intermedi in PEAD strutturato;
- elemento terminale in PEMD, con eventuale riduzione.

ovvero ricavati da tubo in PEAD strutturato mediante saldatura (secondo le prescrizioni dell'I.I.S. Istituto Italiano di Saldatura).

La giunzione tra i diversi elementi dei pozzetti con elemento di base stampato sarà realizzata per saldatura (secondo le prescrizioni dell'I.I.S. Istituto Italiano di Saldatura) o guarnizione in gomma EPDM; pure in gomma EPDM saranno gli innesti delle tubazioni afferenti al pozzetto.

Art. 10 Difese spondali (omissis)

Art. 11 Cemento

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

La scelta dei tipi di cemento da utilizzare per i diversi tipi di calcestruzzo verrà effettuata in sede di Progetto, tenendo presenti, oltre a quanto previsto nella Tabella 19 G (vedi cap. 19.3), i requisiti di:

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

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

Art. 12 *Aggregati per c.a.*

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

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

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

Tabella 20 B - Caratteristiche degli Aggregati

CARATTERISTICHE	PROVE	NORME	LIMITI DI ACCETTABILITÀ
Gelività degli aggregati	Gelività	UNI EN 1367-1	perdita di massa <4% dopo 10

CARATTERISTICHE	PROVE	NORME	LIMITI DI ACCETTABILITÀ
			cicli (Categoria F4 UNI EN 12620). Cat. F2 per Classe di Esposizione XF1 e XF2; Cat. F1 per C.E. XF3 e XF4
Assorbimento dell'aggregato grosso per classi di esposizione XF	Assorbimento	UNI EN 1097-7	< 1%
Resistenza alla abrasione	Los Angeles	CNR 34 e UNI EN 1097-2	Perdita di massa L.A. 30% Cat. LA ₃₀ Per Classi di resistenza C60 o superiori si impiegherà la categoria L.A. ₂₀
Compattezza degli aggregati	Degradabilità al solfato di magnesio	UNI EN 1367-2	perdita di massa dopo 5 cicli $\leq 10\%$
Presenza di gesso e solfati solubili	Analisi chimica degli aggregati	UNI EN 1744-1	SO ₃ $\leq 0,1\%$
Contenuto di polveri	Aggr. grosso non frantumato o frantumato da depositi alluvionali	Passante a 0,063 mm, UNI EN 933-2	$\leq f_{1,5}$
	Aggr. grosso frantumato da roccia		$\leq f_{4,0}$
	Sabbia non frantumata		$\leq f_{3,0}$
	Sabbia frantumata		$\leq f_{10}$
Equivalente in sabbia e valore di blu		UNI EN 933-8-9	ES ≥ 80 MB ≤ 1 g/kg

CARATTERISTICHE	PROVE	NORME	LIMITI DI ACCETTABILITÀ
			di sabbia
Presenza di pirite, marcasite, pirrotina	Analisi petrografica	UNI EN 932-3	assenti
Presenza di sostanze organiche	Determinazione e colorimetrica	UNI EN 1744-1	Per aggregato fine: colore della soluzione più chiaro dello standard di riferimento
Presenza di forme di silice reattiva, incluso quarzo ad estinzione ondulata	- prova accelerata su provini di malta	UNI 8520-22	Espansione < 0,1%
	- metodo del prisma di malta (se è superato il limite per la prova accelerata)		Espansione < 0,05% a 3 mesi oppure < 0,1% a 6 mesi
Presenza di cloruri solubili	Analisi chimica	UNI EN 1744-1	Cl ⁻ < 0,1 % rispetto al peso di cemento per c.a.p. e < 0,2 % per c.a. normale
Coefficiente di forma e di appiattimento	Determinazione dei coefficienti di forma SI e di appiattimento FI	UNI EN 933-3	FI e SI \geq 0,15 (D _{max} =32 mm)
		UNI EN 933-4	FI e SI \geq 0,12 (D _{max} =64 mm)
Dimensioni per il filler	Passante ai vagli	EN 933-10	Vaglio 2mm=100 0,125 mm 85-100 0,063 m 75-100
Frequenza delle prove	La frequenza sarà definita dalla Direzione Lavori. Dovranno comunque essere eseguite prove: in sede di prequalifica, per ogni cambiamento di cava o materiali nel corpo di cava; ogni 8.000 m ³ di aggregati impiegati.		

Art. 13 Acqua di impasto

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

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

qualora rispondenti ai requisiti indicati nella UNI EN 1008.

Sono escluse le acque provenienti da scarichi (industriali ecc.).

L'acqua di impasto dovrà avere un contenuto in sali disciolti inferiore a 1 g per litro. La quantità di materiale inorganico in sospensione dovrà essere inferiore a 2 g/l; la quantità di sostanze organiche (COD) inferiore a 0,1 g/l.

L'acqua dovrà essere aggiunta nella quantità prescritta per ciascuna miscela qualificata in relazione al tipo di conglomerato cementizio, tenendo conto delle condizioni di umidità e dell'assorbimento negli aggregati.

Art. 14 Acciaio per c.a.

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

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

	Classe C	Requisito o frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} o $f_{0.2k}$ (MPa)	≥ 450	5.0
Tensione caratteristica di rottura F_{tk} (MPa)	≥ 540	5.0
Valore minimo di $k = (f_t/f_{yk})$	≥ 1.15 < 1.35	10.0
Deformazione caratteristica al carico massimo, ϵ_{uk} (%)	≥ 7.5	10.0
Attitudine al piegamento	Prova di piegamento/raddrizzamento	

Tolleranza massima dalla massa nominale (%)	Diametro nominale della barra (mm) ≤ 8 > 8	± 6.0 ± 4.5	5.0
---	---	------------------------	-----

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

		Classe A	Requisito o frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} o $f_{0,2k}$ (MPa)		≥ 450	5.0
Tensione caratteristica di rottura F_{tk} (MPa)		≥ 540	5.0
Valore minimo di $k = (f_t/f_{yk})$ (*)		> 1.05	10.0
Deformazione caratteristica al carico massimo, ϵ_{uk} (%) (*)		≥ 2.5	10.0
Attitudine al piegamento		Prova di piegamento/raddrizzamento	
Tolleranza massima dalla massa nominale (%)	Diametro nominale della barra (mm) ≤ 8 > 8	± 6.0 ± 4.5	5.0

Art. 15 Reti in barre di acciaio elettrosaldate

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

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

La qualificazione e la marcatura del prodotto finito dovrà essere conforme a quanto previsto dal D.M. in vigore (D.M. 09/01/96) e dalle norme armonizzate di riferimento (EN 10080).

Art. 16 Acciaio per c.a.p.

Gli acciai per armature da precompressione devono possedere proprietà meccaniche garantite dal produttore non inferiori a quelle di seguito riportate ed in conformità al D.M. in vigore (D.M. 14/01/2008):

Tipo di acciaio	Barre	Fili	trefoli	trefoli a fili sagomati	Trecce
Tensione caratteristica di rottura f_{ptk} (MPa)	≥ 1000	≥ 1570	≥ 1860	≥ 1820	≥ 1900
Tensione caratteristica allo 0.1% di deformazione residua $f_{p(0.1)k}$ (MPa)	---	≥ 1420	---	---	---
Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale $f_{p(1)k}$ (MPa)	---	---	≥ 1670	≥ 1620	≥ 1700
Tensione caratteristica di snervamento f_{pyk} (MPa)	≥ 800	---	---	---	---
Allungamento sotto carico massimo A_{gt} (MPa)	$\geq 3,5$	$\geq 3,5$	$\geq 3,5$	$\geq 3,5$	$\geq 3,5$

Art. 17 Acciaio per strutture metalliche

Si riepiloga lo schema sintetico di designazione:

- S simbolo S: acciaio per impiego strutturale;
- 355 indicazione del carico unitario di snervamento minimo prescritto per spessori ≤ 16 mm, espresso in N/mm²;
- J0, J2, K2 designazione della qualità relativamente alla saldatura ed ai valori di resilienza prescritti;
- W indicazione di acciaio CORTEN;
- Gx, Gy stato di fornitura a discrezione del produttore;

Tutti i materiali impiegati dovranno essere qualificati e marcati CE ai sensi del Regolamento UE n°305/2011.

Sarà ammesso solo l'uso di acciai con caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle dell'acciaio S355 secondo quanto previsto dalle norma EN 10025 (è ammesso l'uso di acciai CORTEN).

Art. 18 Misto granulare non legato per fondazione

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione in impianto fisso, risponderà alle caratteristiche seguenti:

- a) l'aggregato non deve avere né forma appiattita, allungata o lenticolare;
- b) granulometria compresa nel seguente fuso e avente andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limite:

Serie UNI EN 933-1	Passante totale in peso %
setaccio 63	100
setaccio 40	95-100
setaccio 31.5	75-100
setaccio 16	53-80
setaccio 8	36-66
setaccio 6.3	31-61
setaccio 2	16-39
setaccio 0.5	8-23
setaccio 0.063	3-10

- c) rapporto tra il passante al setaccio UNI EN 0.063 mm ed il passante al setaccio UNI EN 0,5 mm inferiore a 2/3.
- d) perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 30% in peso (UNI EN 1097-2/1999).
- e) equivalente in sabbia misurato sulla frazione passante al setaccio UNI EN 2 mm: compreso tra 25 e 65 (la prova va eseguita con dispositivo di scuotimento meccanico UNI EN 933-8/2000). Tale controllo deve anche essere eseguito sul materiale prelevato dopo costipamento. Il limite superiore dell'equivalente in sabbia "65" potrà essere modificato dalla Direzione Lavori in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale. Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35 la Direzione Lavori richiederà in ogni caso (anche se la miscela contiene più del 60% in peso d'elementi frantumati) la verifica dell'indice di portanza C.B.R. di cui al successivo comma.
- f) Indice di portanza C.B.R. (UNI EN 13286-47/2006 - Miscele non legate o 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) dopo quattro giorni d'imbibizione in acqua, eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25 mm, non minore di 50. È inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di $\pm 2\%$ rispetto all'umidità ottimale di

costipamento. Se le miscele contengono oltre il 60% in peso d'elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi a, b, d, e, salvo nel caso citato al comma e) in cui la miscela abbia un equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35.

Art. 19 Conglomerati bituminosi

I materiali di base da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti di seguito fissati. Relativamente alle loro miscele e lavorazioni valgono le prescrizioni o le indicazioni prestazionali contenute negli appositi paragrafi.

La scelta di un tipo di materiale nei confronti di un altro o tra diversi tipi dello stesso materiale, sarà fatta, nei casi non definiti inequivocabilmente dalle Norme Tecniche, in base a giudizio della Direzione Lavori.

I conglomerati bituminosi per essere ritenuti idonei e quindi impiegabili, dovranno essere dotati obbligatoriamente di marcatura CE. I requisiti obbligatori richiesti sono:

- Temperatura della miscela alla produzione ed alla consegna (valori di soglia)
- Contenuto di legante (categoria e valore reale)
- Composizione granulometrica (valore %)
- Contenuto dei vuoti a 10 rotazioni (categorie e valore reale)

Tutte queste grandezze dovranno rientrare nei parametri indicati nel presente Capitolato (oltre alle altre non facenti parte della marcatura CE ma contenute nelle presenti Norme Tecniche.)

Art. 20 Conglomerati bituminosi fresati

I conglomerati bituminosi fresati dalle pavimentazioni, di proprietà della stazione Appaltante o dell'Appaltatore, per brevità chiamati nel seguito "fresati" sono materiali provenienti da fresature dirette, a freddo o a caldo, o da demolizioni a blocchi di pavimentazioni preesistenti, sottoposte a successiva frantumazione. Essi vanno utilizzati o nei conglomerati bituminosi, con altri materiali vergini,

come descritto all'art. 31, oppure per la costruzione di rilevati di qualsiasi tipo, come descritto all'art. 3, per piazzole disosta, rampe di conversione o d'uscita per usi di servizio o in condizioni di blocco stradale, allargamento di corsie d'emergenza, aree di parcheggio, d'atterraggio elicotteri ecc. e per tutte le sottofondazioni delle pavimentazioni. Lo stoccaggio definito "messa in riserva" e l'impiego definitivo del fresato deve rispondere a quanto prescritto dalla vigente normativa in materia.

Il fresato posto in riserva deve essere accuratamente stoccato in cumuli separati dagli altri inerti separando il fresato derivante da pavimentazione drenante dal fresato di altra origine.

Sarà compito dell'Impresa provvedere alla vagliatura del materiale in modo da separarlo in classi granulometriche che ne favoriscano l'ottimale reimpiego.

Art. 21 Acciaio Inossidabile

L'acciaio inossidabile: dovrà presentare elevata resistenza alla corrosione ed al calore e rispondere, per composizione chimica, caratteristiche e prescrizioni generali, alla norma UNI 6900-71.

Le lamiere d'acciaio inox saranno laminate a freddo a norma UNI 8317.

La designazione degli acciai è fatta per composizione chimica, dove «x» sta per «acciaio legato», il primo numero indica la percentuale di carbonio moltiplicato per 100 ed i numeri finali indicano i tenori degli elementi di lega in %.

Oltre alla classificazione UNI sarà abitualmente usata anche la classificazione AISI (American Iron and Steel Institute).

Art. 22 Acciai zincati

Profilati, lamiere e tubi d'acciaio, di qualsiasi sezione, spessore o diametro, tanto in elementi singoli quanto assemblati in strutture composte, dovranno essere zincati per immersione in zinco fuso, nel rispetto delle prescrizioni della norma d'unificazione 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).

Per tutti i manufatti in lamiera zincata quali coperture, condotti, canali di gronda, converse, scossaline, compluvi, infissi, serrande,

serbatoi per acqua e simili, se non altrimenti disposto dovranno essere impiegate lamiere zincate secondo il procedimento Sendzimir.

Lo strato di zincatura, inteso come massa di zinco, espressa in grammi al metro quadrato, presente complessivamente su ciascuna faccia della lamiera, se non diversamente specificato, non dovrà essere inferiore a:

- 190 g/m² per zincatura normale

-300 g/m² per zincatura pesante.

autostrade // *per l'italia*

Società per azioni

NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

PARTE II

PARTE II
NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

Premessa

I controlli e le verifiche eseguite dalla stazione appaltante nel corso dell'appalto non escludono la responsabilità dell'Appaltatore per vizi, difetti e difformità dell'opera, di parte di essa, o dei materiali impiegati, nè la garanzia dell'Appaltatore stesso per le parti di lavoro e materiali già controllati. Tali controlli e verifiche non determinano l'insorgere di alcun diritto in capo all'Appaltatore, nè alcuna preclusione in capo alla stazione appaltante.

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

- "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al D. M. 14/01/2008 in vigore, emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge n. 1086 del 5/11/1971, nonché dell'art. 1 della Legge n. 64 del 2/2/1974 (D.M. LL.PP. 2/8/1980, circ. LL.PP. n. 20977 del 11/11/1980, D.M. 11/3/1988 e successivi aggiornamenti);
- "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche", Circolare 2 febbraio 2009, n°617 C.S.LL.PP.
- «Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento» di cui al D.M.LL.PP. 20/11/1987, emanate in applicazione della Legge n. 64 del 2/2/1974;

- «Norme Tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate» di cui al D.M. LL.PP. 3/12/1987, emanate in applicazione della Legge n. 64 del 2/2/1974;
- alla Circolare n. 2357 del 16/05/96 e successivi aggiornamenti, riguardante la fornitura in opera dei beni inerenti la sicurezza della circolazione stradale;
- agli ordini che la Direzione Lavori le impartirà, sulla base delle direttive che i competenti uffici della Società, in accordo con i Progettisti, riterranno di emettere.

Pertanto, fermo restando ogni altra responsabilità dell'Impresa a termini di legge, essa rimane unica e completa responsabile dell'esecuzione delle opere. Con cadenza giornaliera e con un anticipo minimo di 24 (ventiquattro) ore, rispetto allo svolgersi delle lavorazioni, l'Impresa dovrà comunicare in forma scritta (tramite telefax) alla Direzione Lavori, quali di queste ultime intenderà intraprendere. Ogni variazione rispetto a quanto programmato dovrà essere tempestivamente comunicata in forma scritta (tramite telefax) alla Direzione Lavori. In caso di mancata trasmissione del programma o di cambiamenti a questo apportati, la Direzione Lavori potrà procedere alla verifica ed al controllo di quanto eseguito tramite i mezzi di indagine (distruttivi e non distruttivi) che di volta in volta riterrà più opportuni. Gli oneri per l'esecuzione di ogni controllo supplementare saranno a totale carico dell'Impresa. La conformità a quanto previsto dal progetto, sarà sancita dalla redazione di un apposito verbale di constatazione, firmato dal Direttore dei Lavori o in sua vece dal Responsabile del Controllo Qualità Materiali, da lui incaricato e dal Direttore Tecnico dell'Impresa: il verbale riporterà, oltre ai dati identificativi della lavorazione, i tipi e la quantità dei controlli eseguiti.

Le presenti Norme Tecniche determinano in modo prioritario le modalità esecutive, i materiali, le lavorazioni; in altre parole, nel caso di discrepanze e difformità tra Norma Tecnica e descrizione delle

lavorazioni contenuta nell'Elenco Prezzi, dovrà essere seguito, obbligatoriamente, quanto previsto nelle Norme Tecniche.

a cura di:



Art. 1 Scavi

1.1 Norme generali

1.1.1 Definizioni e generalità

Per scavo s'intende l'asportazione dalla loro sede di terreni e materiali litoidi di qualsiasi natura. L'asportazione comprende la rimozione dei materiali scavati ed il loro trasporto per l'eventuale riutilizzo nell'ambito del cantiere o per la destinazione a rifiuto.

Gli scavi sono di norma finalizzati a realizzare superfici o volumi cavi a geometria definita.

In relazione agli spazi operativi disponibili, alla vicinanza di strutture preesistenti, alle geometrie da rispettare ed alla consistenza dei materiali da scavare gli scavi potranno essere eseguiti a mano, con mezzi meccanici e con l'impiego di esplosivi.

L'Appaltatore dovrà provvedere ad apporre alle aree di scavo opportune recinzioni e segnaletiche diurne e notturne secondo le vigenti norme di legge.

L'Appaltatore dovrà adottare tutte le cautele necessarie (indagini preliminari, sondaggi, scavi campione ecc.) per evitare il danneggiamento di manufatti e reti interrato di qualsiasi natura, compresa tra le cautele la temporanea sostituzione dei manufatti o deviazione delle reti ed il tempestivo ripristino a fine lavori.

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

1.1.2 La geometria degli scavi

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

Per quanto riguarda le opere di sostegno multistratificate, nessuno scavo potrà essere eseguito al disotto della quota prevista per la

realizzazione dell'ordine di tiranti in corso, se prima l'ordine stesso non sarà completato e messo in tensione.

Qualora negli scavi si fossero superati i limiti assegnati, l'Appaltatore dovrà ricostituire i volumi scavati in più, utilizzando materiali idonei. Prima di procedere a fasi di lavoro successive, l'Appaltatore dovrà segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi per eventuale ispezione da parte della Direzione Lavori.

1.1.3 Puntellature, franamenti, scavo per campioni

Qualora, per la qualità del terreno o per qualsiasi altro motivo, fosse necessario puntellare, sbatacchiare ed armare le pareti degli scavi, l'Appaltatore dovrà provvedervi a sue spese, adottando tutte le precauzioni necessarie per impedire smottamenti e franamenti. In ogni caso resta a carico dell'Appaltatore il risarcimento per i danni dovuti a tali motivi, subiti da persone, cose o dall'opera medesima.

Nel caso di franamento degli scavi è a carico dell'Appaltatore procedere alla rimozione dei materiali ed al ripristino del profilo di scavo. Nulla è dovuto all'Appaltatore per il mancato recupero, parziale o totale, del materiale impiegato per le armature e sbatacchiature.

Nel caso che, a giudizio della Direzione Lavori, le condizioni nelle quali i lavori si svolgono, lo richiedano, l'Appaltatore sarà tenuta a coordinare opportunamente per campioni la successione e l'esecuzione delle opere di scavo e murarie.

L'appaltatore, in contraddittorio con la D.L., dovrà prevedere tutti gli opportuni e necessari accorgimenti realizzativi (opere, riprofilature, berme intermedie, regimazione e allontanamento delle acque superficiali, proiezione di betoncino stabilizzante, ...) per garantire durante tutte le fasi del lavoro la stabilità dei fronti di scavo con adeguati margini di sicurezza.

La realizzazione degli scavi deve avvenire per conci successivi, la cui estensione dovrà essere ponderata in situ alla luce di:

- condizioni idrauliche

- effettive condizioni di stabilità del fronte (condizioni geotecniche, stratigrafiche)
- necessità di interventi e/o accorgimenti.

La fasistica e la tempistica realizzativa degli scavi deve essere tale da garantire la stabilità a breve termine anche in riferimento alla natura dei terreni (permeabilità, granulometria, plasticità, ecc.).

In ogni caso, i tempi di apertura degli scavi dovranno essere sufficientemente contenuti al fine di considerare realistiche le ipotesi di condizioni non drenate e scongiurando il rischio di fenomeni di rilascio tensionale e rotture progressive dei terreni coinvolti (decadimento della resistenza al taglio).

Le pendenze degli scavi provvisori riportate sugli elaborati grafici di progetto sono del tutto indicative e dovranno essere verificate alla luce delle effettive condizioni geotecniche, stratigrafiche ed idrauliche in sito.

1.1.4 Disboscamento e regolazione delle acque

L'Appaltatore dovrà inoltre procedere, quando necessario:

- al taglio delle piante, all'estirpazione delle ceppaie, radici, arbusti, ecc. ed all'eventuale loro trasporto in aree apposite;
- all'eventuale demolizione di massicciate stradali esistenti e gestione dei materiali di risulta.

L'Appaltatore dovrà assicurare in ogni caso il regolare deflusso delle acque, facendosi carico di tutti gli oneri derivanti dal loro eventuale smaltimento e/o trattamento secondo le vigenti norme di legge (DLgs 152/2006).

1.1.5 Materiali di risulta: riutilizzo e sistemazione a deposito

I materiali provenienti dagli scavi dovranno essere caratterizzati dal punto di vista della compatibilità ambientale, a cura dell'Appaltatore, in accordo con la normativa vigente (DLgs 152/2006).

Nel caso in cui venga accertata la compatibilità ambientale, tale materiale potrà essere utilizzato secondo quanto previsto negli elaborati

di Progetto e l'Appaltatore dovrà, tra l'altro, farsi carico dell'eventuale deposito temporaneo e custodia degli inerti.

Nel caso contrario, i materiali di scavo dovranno essere trattati come un rifiuto e potranno essere riutilizzati o smaltiti secondo quanto previsto nella normativa vigente.

Qualora l'Appaltatore dovesse eseguire scavi in terreni lapidei, quando questi fossero giudicati idonei dalla Direzione Lavori, potranno essere riutilizzati per murature. La parte residua potrà essere reimpiegata nell'ambito del lotto per la formazione di rilevati o di riempimenti, avendola ridotta a pezzatura di dimensioni non superiori a 30 cm, secondo il disposto delle presenti Norme. I materiali utilizzabili dovranno eventualmente essere trattati per ridurli alle dimensioni opportune secondo le necessità e le prescrizioni delle presenti Norme, ripresi anche più volte e trasportati nelle zone di utilizzo, a cura e spese dell'Appaltatore

1.1.6 Scavi con esplosivi

Per l'impiego di esplosivi (mine) nell'esecuzione degli scavi l'Appaltatore dovrà ottenere, a sua cura e spese, le autorizzazioni da parte delle autorità competenti ed osservare tutte le prescrizioni imposte dalle Leggi e dai regolamenti in vigore.

Lo sparo di mine effettuato in vicinanza di strade, di ferrovie, di luoghi abitati, di linee aeree di ogni genere, dovrà essere attuato con opportune cautele in modo da evitare il danneggiamento delle proprietà limitrofe a causa sia della proiezione a distanza del materiale sia degli effetti vibrazionali nocivi, che dovranno essere tenuti sotto controllo mediante monitoraggio.

In particolare, l' Appaltatore dovrà attenersi alle prescrizioni contenute:

- nelle norme UNI9614 e ISO 2631 per disturbi alle persone provocati dalle vibrazioni e dai rumori

-
- nelle norme UNI9916 e ISO4866 per danni che si possono arrecare alle opere vicine a causa delle vibrazioni, degli spostamenti orizzontali e/o verticali del terreno, provocati durante le volate.

Nel caso che per la vicinanza di agglomerati civili o industriali o per i risultati del monitoraggio, le cautele sopracitate non fossero ritenute sufficienti ad evitare danneggiamenti alle proprietà limitrofe, l'Appaltatore dovrà eseguire gli scavi con opportuni mezzi meccanici.

1.2 Scavi di sbancamento

Sono così denominati gli scavi occorrenti per:

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

1.3 Scavi di fondazione

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

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

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

a cura di:

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

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

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

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

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

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

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

È vietato all'Appaltatore, sotto pena di demolire il già fatto, di porre mano alle murature o ai getti prima che la Direzione Lavori abbia verificato ed accettato i piani delle fondazioni.

L'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese al riempimento, con materiali idonei sia dal punto di vista prestazionale che della compatibilità ambientale (DLgs 152/2006), dei vuoti residui degli scavi di fondazione intorno alle murature ed al loro costipamento fino alla quota prevista. Per gli scavi a sezione obbligata, necessari per la

collocazione di tubazioni, l'Appaltatore dovrà provvedere al rinterro, con materiali idonei, sopra le condotte e le fognature.

Per gli scavi di fondazione si applicheranno le norme previste dal D.M. 11/3/1988 solo per quanto ricadente nei casi ricompresi nel par.2.7 delle NTC 2008, diversamente dovranno essere applicate queste ultime e successivi aggiornamenti.

1.4 Scavi subacquei e scavi all'asciutto

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

Comunque, ove possibile, gli scavi verranno eseguiti all'asciutto, cioè in assenza di accumuli d'acqua sul fondo dello scavo. Allo scopo l'Appaltatore dovrà predisporre adeguati drenaggi e aggottamenti per captare e allontanare con continuità eventuali venute d'acqua di filtrazione o di ruscellamento.

I mezzi predisposti per l'aggottamento dell'acqua dovranno essere sempre in perfetta efficienza, nel numero e con le portate e le prevalenze necessarie e sufficienti per garantire la continuità del prosciugamento del fondo dello scavo.

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

- ad assicurare il naturale deflusso delle acque che si riscontrassero scorrenti sulla superficie del terreno, allo scopo di evitare che esse si versino negli scavi;
- a togliere ogni impedimento o ogni causa di rigurgito, che si opponesse così al regolare deflusso delle acque, anche ricorrendo all'apertura di canali fugatori;
- agli adempimenti previsti dalle vigenti leggi in ordine alla tutela delle acque dall'inquinamento; all'espletamento delle pratiche per l'autorizzazione allo scarico nonché agli oneri per l'eventuale trattamento /smaltimento delle acque.

Art. 2 Demolizioni e Rimozioni

I materiali di risulta provenienti da demolizioni o rimozioni dovranno essere gestiti secondo quanto prescritto dalla normativa vigente (DLgs 152/06 e s.m.i.).

2.1 Demolizione di murature, fabbricati e strutture

Rientrano in questo capitolo le demolizioni di fabbricati, di murature e di strutture di qualsiasi genere. In particolare per quel che riguarda i manufatti in calcestruzzo sono contemplati sia quelli in calcestruzzo semplice sia quelli in calcestruzzo armato o precompresso. Le demolizioni potranno essere integrali o parziali a sezione obbligata e potranno essere eseguite in qualsiasi dimensione anche in breccia, entro e fuori terra, a qualsiasi altezza.

2.1.1 Mezzi da impiegare

Per le demolizioni di cui sopra si potranno impiegare vari mezzi:

- meccanici: scalpello manuale o meccanico, martello demolitore; cesoia manuale o elettromeccanica, fiamma ossidrica;
- chimici ad azione lenta: agenti espansivi senza propagazione di onda d'urto
- chimici ad azione rapida: agenti esplosivi
- idraulici: pompe ad altissima pressione (idrodemolizione)

L'Appaltatore impiegherà i mezzi previsti dal Progetto e ritenuti idonei dalla Direzione Lavori.

2.1.2 Criteri e precauzioni

Le demolizioni dovranno essere eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni ed accorgimenti in modo da garantire la sicurezza delle operazioni ed in particolare prevenire qualsiasi infortunio al personale addetto, evitando inoltre tassativamente di gettare dall'alto i materiali i quali dovranno invece essere trasportati o guidati in basso. L'Appaltatore dovrà anche definire modalità operative finalizzate ad evitare la formazione e dispersione di polveri nell'atmosfera.

Inoltre l'Appaltatore dovrà provvedere, a sua cura e spese, a adottare tutti gli accorgimenti tecnici per puntellare e sbatacchiare le parti

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

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

L'Appaltatore dovrà anche mettere in atto una recinzione provvisoria e la necessaria segnaletica diurna e notturna nei luoghi interessati dalle demolizioni.

Nel caso d'impiego di esplosivi saranno a carico dell'Appaltatore 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. Inoltre l'Appaltatore sarà tenuto ad utilizzare personale in possesso dei titoli di qualifica previsti dalla legge, documentandolo opportunamente.

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

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

Tra gli oneri dell'Appaltatore 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.

Tra gli oneri dell'Appaltatore 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 rintorri, devono essere eseguite in linea con le prescrizioni delle altre sezioni del capitolato.

a cura di:

2.1.3 Demolizioni su autostrada in esercizio

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

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

2.1.4 Idrodemolizioni (omissis)

2.2 Demolizione di pavimentazione in conglomerato bituminoso

La demolizione di pavimentazioni in conglomerato bituminoso può essere realizzata mediante specifiche attrezzature fresatrici o mediante attrezzature tradizionali polifunzionali.

2.2.1 Demolizione di pavimentazione realizzato con frese

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

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

La superficie del cavo (nel caso di demolizioni parziali del pacchetto) deve risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui

di strati non completamente fresati che possono compromettere l'aderenza dei nuovi tappeti da porre in opera.

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

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

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

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

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

Sia la superficie risultante dalla fresatura che le pareti del cavo devono, prima della posa in opera dei nuovi strati di riempimento, risultare perfettamente pulite, asciutte e uniformemente rivestite dalla mano di attacco di legante bituminoso tal quale o modificato.

2.2.2 Demolizione dell'intera sovrastruttura realizzata con sistemi tradizionali

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

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

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

2.3 Rimozioni

Per rimozione s'intende:

- smontaggio di recinzione costituita da rete metallica e relativi montanti;
- smontaggio di sicurvia di qualunque tipo, con montanti infissi in terra o in pavimentazione;
- smontaggio completo di pensilina di stazione costituita da struttura portante in acciaio (travi, pilastri, ecc.), di qualsiasi sezione e dimensione, anche composta a traliccio, copertura, controsoffittatura, mantovane e converse in alluminio o acciaio; nello smontaggio della pensilina è compreso lo smontaggio dell'orditura di fissaggio della copertura e della controsoffittatura, la rimozione dei semafori e delle plafoniere, lo smantellamento degli impianti elettrici e di scarico acque, ecc.;
- rimozione del timpano metallico dell'esistente pensilina di stazione con i necessari adattamenti;
- rimozione di box o baracche prefabbricate in lamiera, compresa la demolizione degli ancoraggi ed opere accessorie tutte; rimozione di tettoie per parcheggi in lamiera, compresa la rimozione dei montanti;
- rimozione completa di tettoia parcheggio auto costituita da pilastri, trave di acciaio e manto di copertura, comunque inclinato, in lastre metalliche, compresa la rimozione dell'orditura di fissaggio;
- rimozione di serramenti di porte e finestre di qualsiasi tipo, l'asportazione di telai e controtelai.

- rimozione e smaltimento delle lastre di copertura in cemento con fibre di amianto, da eseguirsi secondo le modalità prescritte dalle specifiche normative vigenti. L' Appaltatore incaricato di tale attività dovrà essere iscritto all' Albo Nazionale Gestori Ambientale (Categoria 10).

Nelle rimozioni sopra elencate sono compresi gli oneri per lo smaltimento in deposito o il trasporto nei depositi che saranno indicati dalla Direzione Lavori.

Art. 3 Rilevati

3.1 Definizioni e premesse di carattere generale

3.1.1 Definizioni

Rilevato:

insieme di operazioni di scavo e di riporto per costituire con aggregati naturali, industriali, riciclati o misti uno stabile piano di posa della soprastruttura (o pavimentazione) a quota superiore al piano di scotico. La definizione si applica sia alle strade che ai piazzali.

Rilevato rinforzato:

rilevato che ingloba tra gli strati di aggregato naturale elementi di rinforzo disposti in direzione orizzontale o sub-orizzontale, su uno o più livelli.

Trincea:

insieme di operazioni di scavo e di riporto al fine di costituire uno stabile piano di posa della soprastruttura (o pavimentazione) a quota inferiore al piano di scotico.

Piano di scotico:

si intende il piano posto a 20 cm sotto il piano campagna locale.

Bonifica

Spessore di terreno da rimuovere o da stabilizzare, qualora i terreni rinvenuti sul piano di scotico non siano ritenuti idonei.

Piano di posa dei rilevati

piano corrispondente a quello di scotico.

Sottofondo:

strato di rilevato di spessore 30 cm, immediatamente sottostante la soprastruttura (o pavimentazione) costituito da terreno naturale, eventualmente trattato con calce o cemento (terre stabilizzate) o da aggregati naturali, riciclati o misti riportati.

Soprastruttura (o pavimentazione):

struttura sovrapposta al sottofondo destinata a consentire il regolare moto dei veicoli, costituita dallo strato di fondazione, dallo strato di collegamento e dallo strato di usura.

Gli strati di usura e di collegamento, entrambi in conglomerato bituminoso, costituiscono il manto stradale.

Terreno:

si intende la roccia, sia essa sciolta (terra) che lapidea, considerata nel suo ambiente naturale.

Terra:

si intende ogni roccia sciolta per natura.

Terra stabilizzata:

terra trattata in modo tale che la suscettibilità all'acqua risulti ridotta e le caratteristiche meccaniche risultino migliorate durevolmente.

Aggregato naturale:

materiale sciolto di origine minerale che non è stato assoggettato a nient'altro che a lavorazioni meccaniche; può essere prodotto anche dalla frantumazione di rocce lapidee.

Aggregato industriale:

materiale sciolto di origine minerale derivante da un processo industriale che implica una modificazione termica o di altro tipo. Nel presente Capitolato Speciale, per ragioni di eco-compatibilità è contemplato l'esclusivo uso di argille espanse.

Aggregato riciclato:

materiale sciolto risultante dalla lavorazione di materiale inorganico precedentemente utilizzato nelle costruzioni. Nel presente Capitolato

Speciale si fa riferimento all' utilizzo di calcestruzzo/misti cementati da risulta da demolizioni, fresato del manto bituminoso.

Aggregato misto

Miscela di aggregati naturali e di aggregati riciclati.

Aggregati non alleggeriti:

materiali costituiti da particelle di densità compresa tra 19.6 kN/m³ e 29.4 kN/m³.

Aggregati alleggeriti:

materiali costituiti da particelle di densità <19.6 kN/m³ e con pesi di volume del materiale allo stato sciolto <11.8 kN/m³.

Dimensioni dell'aggregato

Designazione in termini di dimensioni minime (d) e massime (D) del setaccio espressa come d/D. La designazione accetta che alcune particelle possano essere trattenute dal setaccio di dimensioni massime D e che alcune particelle possano non essere trattenute al setaccio di dimensioni minime d.

Aggregato grossolano:

materiale caratterizzato da $d \geq 1\text{mm}$ e $D \geq 2\text{mm}$.

Strato anticapillare:

strato costituito da aggregati naturali, riciclati o misti di idonea composizione granulometrica per impedire la risalita capillare nel corpo del rilevato o nella soprastruttura (o pavimentazione).

Strato di bonifica:

materiale costituito da terra stabilizzata o da aggregati naturali, riciclati o misti, di idonea composizione granulometrica, compattati, messi in opera previa asportazione della terra naturale di non adeguate caratteristiche.

Elementi di rinforzo:

elementi in acciaio o in sostanze polimeriche inglobati tra gli strati di aggregato naturale, in grado di migliorare le condizioni di stabilità del rilevato, grazie alla loro resistenza a trazione.

Mdl:

a cura di:

modulo di compressibilità in prova di carico su piastra da 30 cm di diametro minimo richiesto sul piano di posa della soprastruttura (o pavimentazione).

Md2:

modulo di compressibilità in prova di carico su piastra da 30 cm di diametro minimo richiesto sul piano di scotico, in assenza e/o in presenza dello strato di bonifica.

3.1.2 Premesse di carattere generale

Le prescrizioni riportate nei paragrafi seguenti si applicano al corpo dei rilevati e all'eventuale strato di bonifica; per quanto riguarda la soprastruttura (o pavimentazione) si rimanda integralmente a quanto riportato in articoli del presente Capitolato Speciale specificatamente dedicati.

Le caratteristiche geometriche del corpo del rilevato, la natura e le proprietà geometriche (dimensioni delle particelle, composizione granulometrica), fisico meccaniche e chimiche dei materiali che costituiscono il corpo del rilevato (da piano di scotico a piano appoggio della soprastruttura) e l'eventuale strato di bonifica (al di sotto del piano di scotico), nonché le modalità e sequenze esecutive ed il piano di monitoraggio a controllo delle previsioni progettuali sono quelle indicate nel Progetto esecutivo.

Resta inteso che l'Appaltatore dovrà in tutti i casi sottoporre alla preventiva approvazione della Direzione Lavori un Progetto di dettaglio a conforto ed integrazione del Progetto esecutivo, nel quale dovrà indicare la natura e le proprietà geometriche, fisico meccaniche e chimiche dei materiali che intende adottare, le modalità esecutive, le sequenze cronologiche degli interventi, nonché il piano di monitoraggio.

In merito all'attività di monitoraggio, risultano a carico dell'Appaltatore la fornitura e la posa della strumentazione mentre a carico della D.L. risultano la gestione del monitoraggio, intesa come elaborazione dati ed interpretazione ingegneristica degli stessi.

Il progetto di monitoraggio sarà portato a conoscenza dell'Appaltatore all'inizio delle lavorazioni; l'Appaltatore potrà installare strumentazione integrativa rispetto a quanto proposto dalla D.L. così come potrà eseguire proprie letture ed elaborazioni della strumentazione installata dalla D.L., purchè garantisca l'integrità della stessa. L'Appaltatore è tenuto a fare redigere dai propri progettisti rapporti mensili di interpretazione dei dati di monitoraggio, sia di quelli elaborati dalla D.L. che dei propri dati.

L'indagine sui terreni di imposta e sui materiali da costruzione comprenderà anche prove chimiche per la valutazione della loro ecocompatibilità, ai sensi della legislazione vigente in materia, nonché di eventuali caratteristiche di aggressività nei confronti di manufatti costituenti l'opera da realizzare; analoghe considerazioni valgono per le acque sotterranee che dovessero interferire con l'opera da realizzare.

L'Appaltatore dovrà dimostrare che il programma di costruzione:

- non comprometterà la stabilità del complesso rilevato terreno di fondazione;
- sia compatibile con il fatto che gli assestamenti residui alla consegna dell'opera risultino non superiori al 10% dei cedimenti teorici residui attesi.

L'installazione degli strumenti di monitoraggio e controllo delle previsioni di Progetto, saranno effettuate da Imprese specializzate di gradimento della Direzione Lavori e del Progettista.

3.1.3 Normativa di riferimento

Oltre alle norme specificatamente elencate negli articoli 3.1.2 e 3.2.3.2 e 3.4 concernenti i materiali utilizzati nella costruzione dei rilevati, si elencano le ulteriori norme richiamate all'interno del testo:

- Regolamento UE n°305/2011 relativo ai prodotti da costruzione
- D.Lgs n°152 - 3 Aprile 2006
- "Norme in materia ambientale"
- AHSSTO T/180: 2004 Moisture-density relations of soil using 4.54 kg (10 lb) rammer and 457 mm (18 inch) drop

a cura di:

- CNR BU n. 22 Peso specifico apparente in sito
- CNR BU n. 69 Prova di costipamento di una terra
- EN 13286-1:2003, Miscele legate o non legate con leganti idraulici, parte 1- metodi di prova della massa volumetrica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Introduzione, requisiti generali e campionamenti
- UNI EN 13286-2 Miscele legate o non legate con leganti idraulici, parte 2- metodi di prova della massa volumetrica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Costipamento Proctor
- CNR- UNI 10009, Determinazione dell'indice di portanza CBR di una terra
- EN 13286-47, Unbound and hydraulically bound mixtures - Part 47: Test method for the determination of the California bearing ratio, immediate bearing index and linear swelling
- EN 13286-41, Unbound and hydraulically bound mixtures - Part 41: Test method for the determination of the compressive strength of hydraulically bound mixtures
- CNR-UNI 10008 -Prove su materiali stradali: Umidità di una terra
- EN 13286-46, Unbound and hydraulically bound mixtures - Part 46: Test method for the determination of the moisture condition value
- EN 933-1, Tests for geometrical properties of aggregates - Part 1: Determination of particle size distribution -Sieving method
- EN 933-2, Tests for geometrical properties of aggregates - Part 2: Determination of particle size distribution - Test sieves, nominal size of apertures
- EN 932-3 - Tests for general properties of aggregates - Procedure and terminology for simplified petrographic description"
- EN 1097-5, Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Part 5: Determination of the water content by drying in a ventilated oven

- EN 1097-6, Tests for mechanical and physical properties of aggregates
 - Part 6: Determination of particle density and water absorption
- CNR-B.U. n. 36 - Stabilizzazione delle terre con calce
- R.D. n. 2231/1939 "Norme sull'accettazione delle calce".
- EN 469-1 building lime -part 1 definitions, specifications and conforming criteria
- EN 469-1 building lime -part 2 test methods
- CNR B.U. n. 146 -Determinazione dei moduli di deformazione Md e M'd mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare
- EN 14227: parte 10 - Miscele legate con leganti idraulici- terreno trattato con cemento
- EN 14227: parte 11 - Miscele legate con leganti idraulici- terreno trattato con calce
- EN 13249:2000 Geotessili e prodotti affini - Caratteristiche richieste per l'impiego nella costruzione di strade e di altre aree soggette a traffico (escluse le ferrovie e l'inclusione nelle pavimentazioni bituminose)
- EN 13251:2000 Geotessili e prodotti affini - Caratteristiche richieste per l'impiego nelle costruzioni di terra, nelle fondazioni e nelle strutture di sostegno.

3.2 Aggregati per la formazione dei rilevati

3.2.1 Provenienza dei materiali

L'Appaltatore dovrà utilizzare i materiali indicati in Progetto.

Se provenienti da cave di prestito indicate in Progetto, la Società Autostrade provvederà ad ottenere dagli Enti competenti il benestare necessario.

L'Appaltatore potrà aprire, a sua cura e spese, cave di prestito ovunque lo riterrà di sua convenienza, subordinatamente alle vigenti disposizioni di legge, all'idoneità dei materiali, nonché all'osservanza di eventuali disposizioni della Direzione Lavori; in tale caso sarà sua cura ottenere dagli Enti competenti il benestare necessario.

a cura di:

In ogni caso, sarà cura dell'Appaltatore provvedere alla fornitura, trasporto, stoccaggio e rimozione dei materiali provenienti da cave di prestito, così come di quelli provenienti dagli scavi o di quelli riciclati dalle demolizioni.

Prima di impiegare i materiali provenienti sia dalle cave di prestito, sia dagli scavi in roccia (sciolta e lapidea), sia dal riciclo di materiali da costruzione, verrà eseguita dall'Appaltatore una campagna di indagine corredata da prove di laboratorio atta a fornire alla Direzione Lavori un'esauriente documentazione in merito alla natura, ai requisiti geometrici (dimensioni delle particelle, composizione granulometrica), ai requisiti fisici, ai requisiti chimici dei materiali, al fine di ottenere l'idoneità all'utilizzo, secondo quanto indicato dal Capitolato Speciale e/o nel Progetto esecutivo, anche in termini di resistenza alla frammentazione, durabilità ed aggressività, nonché in termini di problematiche ambientali (ecocompatibilità) ai sensi della legislazione vigente in materia.

L'Appaltatore è tenuto a sottoporre alla preventiva approvazione della Direzione Lavori, il programma di utilizzo dei materiali, il programma delle eventuali fasi di lavorazioni successive (quali, frantumazione, vagliatura e miscelazione) atte a conferire ai materiali le caratteristiche di idoneità previste dal Capitolato Speciale e dal Progetto esecutivo. L'eventuale frantumazione, vagliatura e miscelazione del materiale, al fine di portarlo ad idonea pezzatura, è a cura e spese dell'Appaltatore.

L'Appaltatore è tenuto ad instaurare un sistema di controllo di produzione in accordo con il D.M. 246 del 21 Aprile 1993.

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

Le cave di prestito dovranno essere coltivate nel rispetto delle vigenti leggi in modo che, tanto durante la cavatura che a cavatura ultimata, non si abbiano a verificare condizioni pregiudizievoli per la salute e l'incolumità pubblica.

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

In relazione alla variabilità della provenienza, gli aggregati ottenuti dal riciclo di materiali da costruzione verranno impiegati unicamente se:

- prevalentemente costituiti da frammenti di laterizi, di murature, di intonaci, di conglomerati cementizi, di sovrastrutture stradali e ferroviarie, di allettamenti, di rivestimenti, di prodotti ceramici, di scarti dell'industria di prefabbricazione di manufatti in calcestruzzo, di materiali lapidei.
- facenti parte di lotti (o partite), previamente caratterizzati secondo quanto previsto dalle normative e leggi vigenti.

E' ammesso l'utilizzo di aggregati misti prodotti miscelando aggregati naturali e aggregati riciclati.

Gli aggregati utilizzati devono essere identificati almeno nei seguenti termini (designazione):

- fonte e produttore; se il materiale è stato stoccato in un deposito devono essere indicati sia la fonte sia il deposito.
- tipo di aggregato (ai sensi anche della norma EN 932-3).
- dimensione dell'aggregato in termini d/D.

La bolla di consegna deve contenere almeno le seguenti informazioni:

- designazione;
- data di spedizione;
- numero di serie della bolla;

3.2.2 Prove sui materiali

I materiali che si intendono utilizzare saranno preventivamente sottoposti a prove che attestino la loro ecocompatibilità (sia alla fonte

che nell'area di stoccaggio e al momento della loro messa in opera), ai sensi della legislazione vigente (DLgs 152/2006).

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali ai fini dell'ingegneria geotecnica e strutturale delle opere saranno accertate mediante prove di laboratorio.

Le prove sugli aggregati naturali non alleggeriti, industriali alleggeriti e sugli aggregati riciclati, verranno effettuate in accordo a quanto previsto dalle seguenti normative e leggi:

- UNI 1006 - Giugno 2002 - "Costruzione e manutenzione delle strade - Tecnica di impiego delle terre"
- UNI EN ISO 14688-1 - Gennaio 2003 - "Identificazione e classificazione dei terreni"
- EN 13242:2002 Aggregati per materiali non legati e per materiali legati con leganti idraulici per impiego in opere di ingegneria civile e costruzioni stradali
- UNI EN 13055-2 - Gennaio 2005 - "Aggregati leggeri - Parte 2: Aggregati leggeri per miscele bituminose, trattamenti superficiali e per applicazioni in strati legati e non legati"
- Circolare n°5205 - 15 Luglio 2005 - "Indicazioni per l'operatività nel settore edile, stradale ed ambientale, ai sensi del D.M. n°203 - 8 Maggio 2003.

A titolo indicativo e non esaustivo le prove di laboratorio comprenderanno:

Aggregati naturali non alleggeriti:

- analisi granulometrica completa, comprensiva anche dalla valutazione del contenuto di fine.
- determinazione del contenuto naturale d'acqua.
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332-1.
- prova di compattazione ed esecuzione eventuale di:

-
- analisi granulometrica sui materiali impiegati nella prova di compattazione, prima e dopo la prova stessa, limitatamente a quei materiali per i quali è sospetta la presenza di componenti instabili;
 - prova edometrica, limitatamente ai materiali a grana fine prelevati dal campione dopo l'esecuzione della prova e compattati al 95% della densità massima ($\pm 2\%$).
 - Resistenza alla frammentazione per gli aggregati grossolani ($d \geq 1\text{mm}$; $D \geq 2\text{mm}$). Tale resistenza verrà valutata in accordo con la norma EN 1097-2:1998. Si esclude l'impiego di materiali di categoria LA >40 salvo diversa indicazione fornita dalla Direzione Lavori
 - Perdita di massa e resistenza alla frammentazione nel caso di basalti. Tale resistenza verrà valutata in accordo con la norma EN 1097-2:1998. L'incremento del coefficiente LA dovrà risultare inferiore all'8%, salvo diversa indicazione fornita dalla Direzione Lavori
 - Peso specifico delle particelle.
 - Contenuto di solfati solubili agli acidi. Tale contenuto verrà valutato in accordo con la norma EN 1744-1:1998. Tale contenuto dovrà essere inferiore a 0.8%, salvo diversa indicazione fornita dalla Direzione Lavori
 - Contenuto di zolfo. Tale contenuto verrà valutato in accordo con la norma EN 1744-1:1998. Tale contenuto dovrà essere inferiore a 1.0%, salvo diversa indicazione fornita dalla Direzione Lavori
 - Resistenza a cicli di gelo e disgelo (in zone a clima avverso). Tale Resistenza verrà valutata in accordo con la norma EN 1097-6:2000. Il materiale dovrà rientrare nelle categorie F1 e F2, salvo diversa indicazione fornita dalla Direzione Lavori

Aggregati industriali alleggeriti:

- Peso di volume dell'aggregato sciolto.
- Peso specifico delle particelle.

- analisi granulometrica completa, comprensiva anche dalla valutazione del contenuto di fine.
- Contenuto d'acqua del materiale prima della posa in opera.
- Prova di assorbimento d'acqua nei vuoti intra-particellari.
- Resistenza alla frantumazione;
- Resistenza a cicli di gelo e disgelo (in zone a clima avverso).
- Prova di compattazione.

I limiti di accettabilità saranno indicati in Progetto.

Aggregati riciclati:

Prove di classificazione indicate nell'Allegato C1 della circolare n° 5205 del 15 Luglio 2005.

L'Appaltatore è tenuto ad eseguire le prove iniziali e a sottoporre il relativo programma all'approvazione della Direzione Lavori ogni volta si presentino le seguenti circostanze:

- venga utilizzato una nuova fonte di aggregato;
- sia subentrato un cambiamento significativo della natura e caratteristiche dell'aggregato e delle condizioni di lavorazione, tale da influenzarne le proprietà geometriche, fisiche, chimiche e meccaniche.

I risultati delle prove iniziali dovranno essere documentati e costituire un punto di partenza per il controllo di produzione.

Il numero dei controlli di produzione, da sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori, sarà non inferiore a quello previsto dalle già citate norme e sottoposto all'approvazione della Direzione Lavori.

Le registrazioni tenute dovranno indicare quali procedimenti di controllo qualità sono stati messi in atto durante la produzione dell'aggregato.

L'esito di ciascuna prova verrà allegato al Piano di Controllo Qualità e farà parte del dossier di qualità dell'opera. Su ciascun certificato dovrà essere chiaramente indicato:

- l'opera di riferimento;
- la designazione dell'aggregato;

a cura di:

- la normativa utilizzata;
- la data di esecuzione della prova;
- i risultati ottenuti su supporto informatico e cartaceo;

Le prove iniziali di qualifica saranno effettuate da laboratori ufficiali certificati.

La Direzione Lavori potrà indicare, a sua discrezione, i punti per il campionamento dei materiali.

3.2.3 Documentazione soggetta ad approvazione

Prima di iniziare la costruzione dei rilevati, l'Appaltatore, dovrà sottoporre alla Direzione Lavori la seguente documentazione:

Aggregati naturali provenienti da cave di prestito

- benessere degli enti competenti ad autorizzare la coltivazione della cava;
- una mappa dell'area di cava in scala 1:1000 - 1:2000 indicante l'ubicazione dei saggi esplorativi;
- documentazione riportante i risultati delle prove iniziali, attestante la conformità dei materiali.
- il programma di coltivazione delle cave e delle eventuali fasi di lavorazione successive (frantumazione, vagliatura, miscelazione);
- documentazione provante il fatto che le cave di prestito verranno coltivate nel rispetto delle vigenti leggi in modo che, tanto durante la cavatura che a cavatura ultimata, non si abbiano a verificare condizioni pregiudizievoli per la salute e l'incolumità pubblica. Analoga documentazione dovrà essere prodotta per le eventuali aree di stoccaggio e/o di lavorazione di cui, a sua cura e spese, l'Appaltatore dovesse avvalersi.
- progetti di ripristino ambientale in accordo con le normative e leggi vigenti.

Aggregati naturali provenienti da scavi

- una mappa in scala 1:1000 - 1:2000 indicante l'ubicazione dei saggi esplorativi;

- documentazione riportante i risultati delle prove iniziali, attestante la conformità dei materiali.
- il programma delle eventuali fasi di lavorazione successive (frantumazione, vagliatura, miscelazione);
- documentazione provante il fatto che gli scavi verranno effettuati nel rispetto delle vigenti leggi in modo che non si abbiano a verificare condizioni pregiudizievoli per la salute e l'incolumità pubblica. Analoga documentazione dovrà essere prodotta per le eventuali aree di stoccaggio e/o di lavorazione di cui, a sua cura e spese, l'Appaltatore dovesse avvalersi.

Aggregati riciclati

- documentazione indicante le modalità di caratterizzazione e campionamento dei lotti.
- documentazione riportante i risultati delle prove iniziali, attestante la conformità dei materiali.
- il programma delle eventuali fasi di lavorazione successive (frantumazione, vagliatura, miscelazione).
- documentazione provante il fatto che le eventuali aree di stoccaggio e/o di lavorazione di cui, a sua cura e spese, l'Appaltatore dovesse avvalersi verranno eseguite nel rispetto delle vigenti leggi in modo che non si abbiano a verificare condizioni pregiudizievoli per la salute e l'incolumità pubblica.

Aggregati industriali

- documentazione riportante i risultati delle prove iniziali, attestante la conformità dei materiali.

3.3 Preparazione del piano di posa dei rilevati

3.3.1 Scotico, bonifica, gradonature e trincee drenanti

Per la preparazione del piano di posa dei rilevati l'Appaltatore dovrà provvedere, nei limiti dell'area di costruzione, innanzitutto alle verifiche nei confronti della presenza di ordigni bellici e di sottoservizi; successivamente procederà al taglio delle piante e

all'estirpazione delle ceppaie, radici, arbusti ecc. (diserbamento), al loro sistematico ed immediato allontanamento a deposito autorizzato.

La Direzione Lavori indicherà tutti gli alberi, i cespugli, le piante ed altro che dovranno essere lasciati sul posto.

Sarà di seguito eseguita la totale asportazione del terreno vegetale sottostante l'impronta del rilevato (scotico) per la profondità stabilita in Progetto e/o in accordo con le risultanze delle indagini di cui all'articolo 3.1.2, secondo le direttive impartite dalla Direzione Lavori.

L'Appaltatore provvederà a far sì che il piano di posa dei rilevati sia il più possibile regolare, privo di bruschi avvallamenti e tale da evitare il ristagno di acque piovane, provvedendo al riempimento delle buche effettuate nelle operazioni di estirpamento delle radici delle piante. Tale riempimento dovrà essere effettuato con materiale idoneo (aggregati naturali, riciclati o misti) di caratteristiche simili a quelli di riempimento degli scavi di scotico e di bonifica, messo in opera a strati di conveniente spessore e compattato.

Il piano di posa dei rilevati, costipato mediante rullatura, dovrà essere approvato previa ispezione e controllo da parte della Direzione Lavori; in quella sede la Direzione Lavori, in accordo con il Progettista, potrà richiedere ulteriori scavi di sbancamento (bonifica) per rimuovere eventuali materiali a grana fine, teneri o torbosi o materiali rimaneggiati/rammolliti per negligenza da parte dell'Appaltatore, ciò al fine di sostituirli con aggregati naturali, riciclati o misti, idonei, messi in opera per strati di conveniente spessore, compattati ed in grado di garantire il raggiungimento delle caratteristiche dei piani di posa di cui all'articolo 3.3.2. In alternativa agli ulteriori scavi di sbancamento la Direzione Lavori potrà ordinare di trattare i terreni di imposta secondo le modalità di cui all'articolo 3.5.

La Direzione Lavori, in relazione alla natura dei terreni sul piano di scotico e di bonifica potrà ordinare l'adozione di provvedimenti atti a

prevenire la contaminazione dei materiali di apporto, fra cui la posa di teli geotessili.

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

Salvo diverse prescrizioni contenute nel Progetto o impartite dalla Direzione Lavori, il materiale utilizzato per riempire gli scavi di scotico e bonifica avrà caratteristiche simili a quelle indicate nell'articolo 3.4. Il reinterro degli scavi relativi a tubazioni interrate dovrà essere sabbioso, o comunque di composizione granulometrica tale da non danneggiare le tubazioni stesse.

I materiali provenienti dagli scavi dovranno essere caratterizzati dal punto di vista della compatibilità ambientale, a cura e spese dell'Appaltatore, in accordo con la normativa vigente (DLgs 152/2006).

Il materiale scavato relativo agli strati di scotico e di bonifica, dovrà essere trasportato a deposito autorizzato o, se idoneo, riutilizzato per opere di riambientalizzazione e/o come terreno vegetale per la finitura delle scarpate.

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

Nei casi in cui fossero riscontrati in fase di scavo livelli di falda a quote superiori a quella del letto dello strato di sottofondo l'Appaltatore progetterà ed eseguirà, previa approvazione della Direzione Lavori, un sistema di trincee drenanti longitudinali e trasversali al

corpo stradale di altezza e pendenza adeguate per abbassare il livello di falda e per lo smaltimento delle acque di filtrazione convogliate nel sistema drenante. Il materiale drenante (aggregato naturale, riciclato o misto) dovrà avere caratteristiche granulometriche tali da assicurare un facile deflusso delle acque attraverso di esso e nello stesso tempo da evitare l'intasamento per effetto del trascinamento degli elementi fini. In particolare dovrà risultare:

$$5 \cdot d_{15} \leq D_{15} \leq 5 \cdot d_{85} \quad (1)$$

essendo

D_{15} = diametro che corrisponde al 15% di passante nelle curve granulometriche del materiale drenante

d_{15} = diametro che corrisponde al 15% di passante nella curva granulometrica della terra da drenare

d_{85} = diametro che corrisponde all'85% di passante nella curva granulometrica della terra da drenare

nel caso in cui lo smaltimento delle acque drenate avvenga per mezzo di tubi forati, tra la granulometria del materiale drenante posto attorno al tubo e la minima dimensione dei fori dei tubi, ovvero degli interstizi fra i tubi, andrà rispettata la seguente relazione:

$$D_{85} \geq 1.5 \cdot d \quad (2)$$

essendo:

D_{85} = diametro che corrisponde all'85% di passante nelle curve granulometriche del materiale drenante

d = diametro dei fori dei tubi o larghezza degli interstizi tra i tubi.

Affinchè siano rispettate sia la (1) che la (2) il materiale drenante sarà disposto a strati con elementi di dimensioni decrescenti a partire dal tubo verso il terreno da drenare.

I drenaggi non devono raccogliere l'acqua superficiale per cui saranno chiusi superiormente da uno strato di terreno impermeabile.

Quando siano prevedibili cedimenti dei piani di posa dei rilevati superiori a 15 cm, l'Appaltatore sottoporrà alla Direzione Lavori un programma per l'installazione di piastre assestometriche.

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

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

Ogni qualvolta i rilevati poggiano su declivi caratterizzati dalla presenza di acque sotterranee superficiali, il primi strati costituenti il corpo del rilevato verranno realizzati con materiale a grana grossa (aggregato naturale o riciclato o misto) con permeabilità significativamente superiore a quella del terreno naturale, da valutare sulla base di specifiche analisi di filtrazione, ciò al fine di impedire l'imbibizione del corpo del rilevato e assicurarne la stabilità. Gli strati drenanti, se realizzati con materiali di cui all'articolo 3.3.3, potranno avere anche funzione anticapillare.

Oltre a quanto sopra, nell'esecuzione dei lavori l'Appaltatore dovrà farsi carico delle prescrizioni e degli oneri di seguito elencati:

- controllo geometrico allo scopo di verificare che gli scavi siano stati eseguiti secondo le pendenze, le dimensioni e le quote di Progetto. I risultati delle verifiche saranno riportati in apposite schede e trasmessi alla Direzione Lavori.
- segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi di scotico e di bonifica per l'eventuale ispezione da parte della Direzione Lavori, prima di procedere a fasi di lavoro successive;
- provvedere alla rimozione di trovanti di qualsiasi natura e dimensione provvedendo altresì alla frantumazione dei materiali non trasportabili e/o non riutilizzabili;
- provvedere al carico, trasporto e scarico del materiale proveniente dagli scavi che si intende riutilizzare, purchè idoneo; è incluso

l'onere per il reperimento di idonee aree di stoccaggio, eventualmente indicate dalla Direzione Lavori, nonché per il deposito ordinato e per la ripresa dei materiali per il loro riutilizzo.

- recintare e apporre sistemi di segnaletica diurna e notturna alle aree di lavoro.
- provvedere con qualsiasi sistema (palancole, sbatacchiature, abbassamento provvisorio della falda ecc.) al contenimento delle pareti degli scavi in accordo a quanto previsto nel Progetto e in conformità alle norme di sicurezza.
- adottare tutte le cautele necessarie (indagini preliminari, scavi campione, ecc.) per evitare il danneggiamento di manufatti e servizi interrati esistenti di qualsiasi natura; è inclusa, ove necessario, la temporanea deviazione ed il tempestivo ripristino delle opere danneggiate o temporaneamente messe fuori servizio.
- provvedere ad un adeguato drenaggio per effettuare gli scavi all'asciutto, per evitare accumuli d'acqua nel fondo scavo, fino ad ultimazione delle operazioni di riempimento.

3.3.2 Caratteristiche del piano di posa e della soprastruttura in rilevato

Salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato, i moduli di deformazione M_{d1} ed M_{d2} al primo ciclo di carico su piastra di diametro 30 cm dovranno risultare non inferiori a:

- 60 MPa: nell'intervallo compreso tra $1,5 \div 2,5$ daN/cm² sul piano di posa della soprastruttura in rilevato, in trincea e nel riempimento dell'arco rovescio in galleria;
- 20 MPa: nell'intervallo compreso tra $0,5 \div 1,5$ daN/cm² sul piano di posa del rilevato (piano di scotico) quando posto a 1,00 m da quello della soprastruttura;
- 15 MPa: nell'intervallo compreso tra $0,5 \div 1,5$ daN/cm² sul piano di posa del rilevato (piano di scotico) quando posto a 2,00 m da quello della soprastruttura.

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

Per altezze di rilevato superiori a 2 m potranno essere accettati valori inferiori a 15 MPa sempre che sia garantita la stabilità dell'opera e la compatibilità dei cedimenti sia totali che differenziali e del loro decorso nel tempo.

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

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

Nel caso di rilevati aventi notevole altezza, dovranno essere realizzate banchine di scarpata della larghezza di 2 m a quota idonea e comunque ad una distanza verticale dal ciglio del rilevato non superiore a 6 m.

Laddove le peculiari caratteristiche dei terreni in posto (materiali a grana fine, saturi o parzialmente saturi) rendessero inefficace la rullatura, la Direzione Lavori, in accordo con il Progettista, procederà ad un intervento di bonifica con l'impiego di aggregati naturali, riciclati o misti idonei, messi in opera per strati di conveniente spessore (vedi l'articolo 3.4.2) e compattati.

A rullatura eseguita il materiale impiegato per la bonifica dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- densità almeno pari al 90% di quella massima AASHTO modificata T/180-57 o UNI EN 13286-2, Giugno 2005, sul piano di posa dei rilevati, comunque tale da consentire il raggiungimento dei moduli sopra specificati.

- densità almeno pari al 95% di quella massima AASHTO modificata T/180-57 o UNI EN 13286-2, sul piano di posa della sovrastruttura in trincea, comunque tale da consentire il raggiungimento dei moduli sopra specificati.

In alternativa alla bonifica mediante scavo e sostituzione con materiale idoneo potrà essere prescritto di trattare il terreno in posto con le modalità di cui all' articolo 3.5.

Anche in questo caso il trattamento dei terreni dovrà avere caratteristiche tali da consentire il raggiungimento dei moduli sopra specificati.

3.3.3 Strato anticapillare e strati rinforzati (OMISSIS)

3.3.3.1 Strato granulare anticapillare (OMISSIS)

3.3.3.2 Geotessile non tessuto di separazione

Lo strato di geotessile da stendere sul piano di posa del rilevato (piano di scotico) con funzione di separatore dovrà essere del tipo nontessuto, in polipropilene o poliestere con resistenza a trazione non inferiore a 19 kN/m, resistenza al punzonamento statico non inferiore a 3 KN e allungamento a rottura non inferiore a 35% in entrambe le direzioni longitudinale e trasversale, la media della somma degli allungamenti $\{(long.+trasv./2)\}$ maggiore del 50%. Dovrà inoltre soddisfare i criteri di permeabilità e ritenzione: la porometria del geotessile dovrà essere abbastanza aperta da garantire una permeabilità minima di 60 l/m²s e nel contempo sufficientemente chiusa per evitare fenomeni di dilavamento e erosione; tali condizioni si ottengono con una apertura caratteristica dei pori di compresa nell'intervallo 60÷150 µm.

La campionatura del materiale dovrà essere fatta secondo la Norma UNI EN ISO 9862:2005 con la frequenza indicata dalla Direzione Lavori.

I prelievi dei campioni saranno eseguiti, a cura dell'Appaltatore e sotto il controllo della Direzione Lavori, preliminarmente su materiali

approvvigionati in cantiere, prima del loro impiego; successivamente, su materiali prelevati durante il corso dei lavori.

Dalle prove, effettuate da laboratori ufficiali certificati, dovranno risultare soddisfatti i seguenti requisiti minimi:

Resistenze a trazione MD e CD (UNI EN ISO 10319: 2008)	≥ 19 kN/m
Allungamento MD e CD (UNI EN ISO 10319: 2008)	≥ 35 (MD e CD) ≥ 50 (MD+CD) / 2
Resistenze a trazione al 10% di allungamento (UNI EN ISO 10319: 2008)	≥ 3 kN/m
Punzonamento statico (UNI EN ISO 12236: 1999)	≥ 3 kN
Punzonamento dinamico (UNI EN ISO 13433: 2006)	≤ 20 mm
Permeabilità ortogonale al piano (UNI EN ISO 11058:2002)	≥ 60 l/m ² s
Diametro di filtrazione (UNI EN ISO 12956: 2001)	60÷150 μ m

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

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

Nel suo conferimento al cantiere, il geotessile dovrà essere marcato indelebilmente secondo le specifiche della norma UNI EN ISO 10320, nonché identificato da marchio CE.

Inoltre, il geotessile dovrà essere conforme alle norme UNI EN 12225 e 12224, relative rispettivamente ai metodi per la determinazione della resistenza microbiologica e degli agenti atmosferici ad alla norma UNI ENV ISO 1722-1, per la simulazione del danneggiamento durante la posa e per la messa in opera in materiali a grana grossa.

I rotoli di geotessile dovranno essere opportunamente protetti durante il periodo di stoccaggio del materiale in accordo alle raccomandazioni del produttore; analogamente il tempo intercorrente tra la stesa del geotessile e la sua copertura con strati costituiti da aggregati dovrà essere inferiore a quello raccomandato dal produttore, comunque non superiore a 24 ore.

Il piano di stesa del geotessile dovrà essere perfettamente regolare, privo di discontinuità o di materiali che possano arrecare danneggiamenti al geotessile; se necessario la stesa sarà realizzata previa messa in opera di materiale sabbioso compattato.

Dovrà essere curata la giunzione dei teli mediante sovrapposizione di almeno 30 cm nei due sensi longitudinale e trasversale.

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

Con riferimento alla UNI EN 13249 occorre prevedere le seguenti durabilità minime in esercizio:

- superiore a 5 anni per opere provvisorie;
- superiore a 25 anni per opere definitive

3.3.3.3 Geotessile e/o geogriglia con funzione di armatura degli strati di rilevato a grana grossa (OMISSIS)

3.3.4 Prove di controllo sui piani di posa

Il numero minimo delle prove di controllo da eseguire sul piano di posa dei rilevati (piano di scotico) e della soprastruttura sia in trincea che in rilevato è messo in relazione alla differenza di quota (S) fra i piani di posa del rilevato (piano di scotico) e della soprastruttura, come indicato nella tabella che segue.

	S=0-1 m	S=1-2 m	S>2 m
prove di carico su piastra - una ogni	1500 m ²	2000 m ²	3000 m ²
prove di densità in sito - una ogni	1500 m ²	2000 m ²	2000 m ²

Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative dei risultati conseguiti in sede di preparazione dei piani di posa, in relazione alle caratteristiche dei terreni attraversati. La Direzione Lavori potrà richiedere, in presenza di terreni "instabili", l'esecuzione di prove speciali (prove di carico su piastra previa saturazione ecc.).

Il controllo dello strato anticapillare sarà effettuato mediante analisi granulometriche da eseguirsi in ragione di almeno 10 ogni 1000 m³.

3.4 Formazione del rilevato

3.4.1 Generalità, caratteristiche e requisiti dei materiali

Si considerano separatamente le seguenti categorie di lavoro:

- Rilevati autostradali;
- Rilevati autostradali realizzati con la tecnica della "terra rinforzata";
- Rilevati di precarico e riempimenti.

La classificazione delle terre e la determinazione del loro gruppo di appartenenza sarà conforme alle norme UNI EN ISO 14688-1; è richiesto

anche che il materiale venga classificato in accordo alle caratteristiche prestazionali indicate nella Tabella 1. Per gli aggregati riciclati si aggiungono inoltre i criteri prestazionali indicati in Tabella 2. Salvo diverse indicazioni indicate nel Progetto o impartite dalla Direzione Lavori, le prescrizioni che seguono riguardano anche i materiali di riempimento degli scavi di scotico e bonifica.

Tabella 1: Caratteristiche prestazionali delle terre naturali

Classificazione generale	Terre ghiaio-argillose Frazione passante al setaccio 0,063 UNI 2332<35%							Terre limo-argillose Frazione passante al setaccio 0,063 UNI 2332>35%					Torbe e terre organiche palustri
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7		
Sottogruppo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6	
Analisi granulometrica													
Frazione passante al setaccio 2 UNI EN 933	≤ 50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,4 UNI EN 933	≤ 30	≤ 50	≤ 50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,063 UNI EN 933	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35
Caratteristiche della frazione passante al setaccio 0,4 UNI EN 933													
Limite liquido	--	--	--	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	> 40	> 40
Indice di plasticità	≤ 6		N.P.	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10	> 10	> 10
											IP≤1.1.-30	IP>1.1.-30	
Indice di gruppo	0		0	0	≤ 4			≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20		

Tipi usuali dei materiali caratteristici i costituenti il gruppo	Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane	Sabbia fine	Ghiaia e sabbia limosa o argillosa	Limi poco compressib.	Limi fortemente compressib.	Argille poco compressibili	Argille fortemente compressibili mediamente plastiche	Argille fortemente compressibili mediamente plastiche	Torbe di recente o remota formazione, detriti organici di origine palustre
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	Da eccellente a buono		Da mediocre a scadente					Da scartare come sottofondo	
Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna o lieve	Media		Molto elevata	Media	Elevata	Media		
Ritiro o rigonfiamento	Nulla	Nulla o lieve		Lieve o medio	Elevato	Elevato	Molto elevato		
Permeabilità	Elevata		Media o scarsa			Scarsa o nulla			

Identificazione del terreno in sito	Facilmente individuabile a vista	Aspri al tatto incoerenti allo stato asciutto	La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo Aspri al tatto Una tenacità media o elevata allo stato asciutto indica la presenza di argilla	Reagiscono alle prove di scuotimento* Polverulenti o poco tenaci allo stato asciutto. Non facilmente modellabili allo stato umido	Non reagiscono alla prova di scuotimento* Tenaci allo stato asciutto Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido	Fibrosi di colore bruno o nero Facilmente individuabili a vista
<p>Prova di cantiere che può servire a distinguere i limi e le argille. Si esegue scuotendo nel palmo della mano un campione di terra bagnata e comprimendolo successivamente fra le dita. La terra reagisce alla prova se, dopo lo scuotimento, apparirà sulla superficie un velo lucido di acqua libera, che scomparirà comprimendo il campione fra le dita.</p>						

**Tabella 2: Caratteristiche prestazionali degli aggregati riciclati -
 Corpo dei rilevati**

PARAMETRO	MODALITA' DI PROVA	LIMITE
Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, prodotti ceramici, malte idrauliche ed aeree, intonaci, scorie spente e loppe di fonderia di metalli ferrosi (caratterizzate secondo EN 13242)	Separazione visiva sul trattenuto al setaccio 8 mm (rif. UNI EN 13285:2004)	> 70% in massa
Vetro e scorie vetrose	Idem	≤ 15% in massa
Conglomerati bituminosi (fresato)	Idem	≤ 25% in massa
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nel corpo stradale ai sensi della legislazione vigente	Idem	≤ 15% in totale e ≤ 5% per ciascuna tipologia
Materiali deperibili: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, sostanze organiche eccetto bitume. Materiali plastici cavi: corrugati, tubi o parti di bottiglie in plastica, etc.	Idem	≤ 0,1% in massa
Altri materiali (metalli, gesso*, guaine, gomme, lana di roccia o di vetro, etc.)	Idem	≤ 0,6% in massa
Passante al setaccio da 63 mm	UNI EN 933/1 (**)	85 - 100%
Passante al setaccio da 4 mm	UNI EN 933/1 (**)	≤ 60%
Passante al setaccio da 0,063 mm	UNI EN 933/1 (**)	≤ 15%
Equivalenti in sabbia	UNI EN 933-8	> 20
Dimensione massima D _{max}	UNI EN 933/1	= 125 mm
Ecocompatibilità	Test di cessione di cui all'All. 3 DM 05/02/1998	Il materiale dovrà risultare conforme al test di cessione previsto dal DM 5 Febbraio 1998
<p>(*) Il gesso deve essere riconosciuto mediante l'osservazione del cromatismo, la valutazione della durezza, la presenza di effervescenza a contatto con gocce di soluzione costituita da una parte di HCl e due parti di H₂O.</p> <p>(**) La serie di setacci deve essere composta al minimo dai seguenti setacci delle serie ISO 3310-1, ISO 3310-2: aperture 63, 31,5, 16, 8, 4, 2, 0,5, 0,063 mm.</p> <p>Nota 1: La preparazione del campione da sottoporre ad analisi granulometrica va eseguita, se necessario, in stufa ventilata a 50-60° (secondo UNI EN 1097/5).</p>		

Nota 2: I costituenti della frazione trattenuta al setaccio da 63 mm devono essere compatti e privi di vuoti interni (blocchi di roccia, mattoni pieni, calcestruzzo scevro di armatura sporgente): non possono essere accettati mattoni forati, blocchi forati e simili, se non frantumati fino a risultare passanti al setaccio da 63 mm.

Nota 3 (Frequenza delle Prove): gli aggregati riciclati per miscele non legate e legate idraulicamente destinati a lavori stradali e altri lavori di ingegneria civile devono essere caratterizzati conformemente a quanto indicato nella Norma Armonizzata UNI EN 13242:2004. Al fine di prevenire disomogeneità dovute alla variabilità dei materiali costituenti, il materiale va caratterizzato per lotti. Tali lotti possono rappresentare la produzione di un periodo di una settimana (frequenza minima allegato C UNI EN 13242:2004) e devono comunque avere dimensione massima pari a 3000 m³. Possono essere impiegati esclusivamente lotti precedentemente caratterizzati e tale caratterizzazione è da intendersi valida esclusivamente per il lotto cui si riferisce.

3.4.1.1 Rilevati autostradali (OMISSIS)

3.4.1.2 Rilevati in terra "Armata" o "Rinforzata" (OMISSIS)

3.4.1.3 Rilevati di precarico e riempimenti

Potranno essere impiegati materiali di qualsiasi natura fatta eccezione, per i riempimenti, per quelli appartenenti ai gruppi A7 e A8.

I materiali provenienti da scavi potranno essere impiegati soltanto se ritenuti idonei dalla Direzione Lavori.

Non è richiesto il conseguimento di una densità minima; il materiale dovrà essere steso in strati regolari di spessore prestabilito e le modalità di posa dovranno essere atte a conseguire la densità uniforme dichiarata nel Progetto, controllata con sistematicità, comunque tale da garantire l'opera nei confronti di fenomeni instabilità ed erosioni.

3.4.2 Costruzione del rilevato

3.4.2.1 Stesa dei materiali

La stesa del materiale dovrà essere eseguita con sistematicità per strati di spessore costante e con modalità e attrezzature atte a evitare segregazione, brusche variazioni granulometriche e del contenuto d'acqua. Durante le fasi di lavoro si dovrà garantire il rapido deflusso delle acque meteoriche conferendo sagomature aventi pendenza trasversale non inferiore al 2%.

In presenza di paramenti di rilevati in terra rinforzata o di muri di sostegno in genere, la pendenza sarà contrapposta ai manufatti. Ciascuno strato potrà essere messo in opera, pena la rimozione, soltanto dopo avere certificato mediante prove di controllo l'idoneità dello strato precedente.

Lo spessore allo stato sciolto (prima della compattazione) di ogni singolo strato sarà stabilito in relazione alle caratteristiche degli aggregati, delle modalità di compattazione e delle finalità del rilevato. Comunque, tale spessore non dovrà risultare superiore ai seguenti limiti:

- 30 cm per rilevati formati con aggregati naturali, riciclati o misti
- 40 cm per rilevati formati con aggregati industriali alleggeriti e per rilevati in terra rinforzata;

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

Ai fini di garantire che siano raggiunte condizioni di compattazione adeguate anche nella zona di scarpata, sarà onere dell' Appaltatore effettuare la stesa di materiale in eccesso di almeno 30 cm rispetto alla sezione teorica e successiva rimozione e riprofilatura

Nel caso di allargamento di un rilevato esistente, previa asportazione dello strato di terreno vegetale, si dovrà con cautela gradonare la scarpata del rilevato esistente, sulla quale verrà addossato il materiale costituente il rilevato di allargato. Tale operazione avverrà per fasi, avendo cura di fare seguire immediatamente ad ogni gradonatura (dell'altezza massima di 50 cm) la stesa del relativo nuovo strato ed il suo costipamento.

Nel caso di interruzione e/o sospensione dei lavori e quando la stesa dello strato di aggregato successivo avvenga oltre 72 ore dalla compattazione dello strato sottostante sarà cura e onere dell'Appaltatore spargere, per l'intera larghezza del rilevato, fitociti, antigerminali e anche taletissici. Prima della ripresa del lavoro, il rilevato già eseguito dovrà essere ripulito dalle erbe e dalla vegetazione in genere, praticandovi dei solchi per il collegamento del nuovo strato con quello già messo in opera. Sullo strato già messo in opera dovranno essere ripetuti i controlli di compattazione.

Sarà cura ed onere dell'Appaltatore provvedere alla riprofilatura delle scarpate, delle banchine e dei cigli, nonché alla maggiorazione delle dimensioni di Progetto per tenere conto degli assestamenti delle terre affinché al momento del collaudo i rilevati siano conformi alle caratteristiche previste in Progetto in termini di altezza e larghezza in sommità.

Si dovrà inoltre garantire la sistematica e tempestiva protezione delle scarpate mediante la stesa di uno strato di terreno vegetale tale da assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del manto erboso. Lo spessore minimo dello strato di terreno vegetale sarà di 20 cm, da stendere a cordoli orizzontali, opportunamente costipati, ricavando se necessario gradoni di ancoraggio.

La semina dovrà essere eseguita con semi scelti in relazione al periodo di semina e alle condizioni locali, in modo da ottenere i migliori risultati. La semina dovrà essere ripetuta fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerbimento.

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

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

3.4.2.2 Compattazione

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

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

Limitatamente ai materiali a granulometria grossolana, risultando le prove abituali non rappresentative, l'addensamento sarà controllato mediante successive livellazioni del piano di rullatura e la misura della densità in sito sarà fatta prelevando il materiale da un pozzetto che dovrà essere rivestito da apposito telo impermeabile successivamente riempito d'acqua. In alternativa verranno effettuate prove di carico su piastra di diametro 30 cm; i moduli Md dovranno risultare > 20 MPa, comunque tali da garantire il rispetto delle condizioni da verificare sui piani di posa indicate nell'articolo 3.3.2.

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

La compattazione dovrà essere condotta con metodologia atta ad ottenere un addensamento uniforme; a tale scopo i rulli dovranno operare con

sistematicità lungo direzioni parallele garantendo una sovrapposizione fra ciascuna passata e quella adiacente pari almeno al 10% della larghezza del rullo.

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

In presenza di paramenti flessibili e murature laterali, la compattazione a tergo delle opere dovrà essere tale da escludere una riduzione nell'addensamento e nel contempo il danneggiamento delle opere stesse. In particolare si dovrà evitare che grossi rulli vibranti operino entro una distanza inferiore a 1,5 m dai paramenti di terre rinforzate.

A tergo dei manufatti si useranno mezzi di compattazione leggeri quali piastre vibranti, rulli azionati a mano, provvedendo a garantire i requisiti di deformabilità e densità richiesti anche operando su strati di spessore ridotto.

Nella formazione di tratti di rilevato rimasti in sospeso per la presenza di tombini, canali, cavi, ecc. si dovrà garantire la continuità con la parte realizzata impiegando materiali e livelli di compattazione identici.

A ridosso di murature di manufatti disposti in direzione trasversale al rilevato si dovrà eseguire la stesa di misto cementato.

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 5% in peso dell'inerte secco. L'acqua di impasto sarà in ragione del 6% circa del peso dell'inerte secco. Sia l'inerte che l'acqua di impasto saranno privi di sostanze organiche e di sali che inibiscano la reazione con il cemento. E' sconsigliato l'uso di cementi ad elevata resistenza in quanto la loro rapidità di presa non consente di eseguire la stesa ed il costipamento della miscela.

La resistenza alla compressione con provini cilindrici compattati a 7 giorni di stagionatura dovrà risultare non inferiore a 2 MPa e non superiore a 7 MPa, eventualmente con impiego di additivi; la resistenza a trazione determinata non dovrà essere inferiore a 0.2 MPa.

La frequenza delle prove sarà in ragione di 1 ogni strato messo in opera. Ove appropriato le prove verranno effettuate su provini sottoposti a 12 cicli di gelo e disgelo.

Il misto cementato dovrà essere confezionato in impianti di betonaggio e trasportato sul posto con autobetoniere.

La stesa non dovrà avvenire con tempo piovoso e con temperature inferiori a 4° centigradi.

La miscela dovrà essere compattata fino al 95% della densità massima ottenuta in laboratorio, con le modalità previste al punto 2 della sopracitata norma, procedendo per strati di spessore non superiore a 20÷30 cm.

Si dovranno misurare gli spessori degli strati prima della compattazione in misura di 1 ogni 1000 m² per ogni strato.

La superficie superiore degli strati avrà pendenza tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche; dovrà essere evitata la formazione di avvallamenti e solchi.

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

Per ulteriori requisiti concernenti condizioni particolari di applicazione del misto cementato, viene fatto riferimento alle norme CNR BU n° 29 e UNI EN 14227-10.

3.4.2.3 Condizioni climatiche avverse

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

Nell'esecuzione dei rilevati con terre ad elevato contenuto della frazione fine (limi e argille) dovranno essere tenuti a disposizione anche dei carrelli pigiatori gommati che consentono di chiudere la superficie dello strato in lavorazione in caso di pioggia. Alla ripresa del lavoro la stessa superficie dovrà essere convenientemente erpicata provvedendo eventualmente a rimuovere lo strato superficiale rammollito.

3.4.2.4 Rilevati di prova (OMISSIS)

3.4.2.5 Prove di controllo (OMISSIS)

3.5 Trattamenti delle terre con calce (OMISSIS)

3.5.1 Materiali

3.5.1.1 Terreni/aggregati naturali

Potranno essere trattati a calce terreni naturali in posto o gli aggregati naturali provenienti dagli scavi (di bonifica, di sbancamento e in galleria) o da cave di prestito di cui sia dimostrata, mediante una opportuna serie di analisi di laboratorio, la capacità di dare luogo a quelle trasformazioni chimico-fisiche che conducono al miglioramento delle caratteristiche di lavorabilità e delle proprietà meccaniche. Indicativamente, sono idonee al trattamento con calce:

- le terre/aggregati fini plastiche limose-argillose dei gruppi A6 - A7 con valori dell' indice plastico normalmente compresi fra 10 e 50 o anche superiori
- terre/aggregati appartenenti al gruppo A5, quando di origine vulcanica
- le terre/aggregati appartenenti ai gruppi A2-6 e A2-7, quando contengano una frazione di passante al setaccio 0.4 UNI superiore al 35%.

In ogni caso:

- la curva granulometrica dovrà rientrare all' interno del fuso granulometrico riportato nella norma CNR B.U. 36.
- Il contenuto di sostanze organiche dovrà essere inferiori al 2%; tale valore potrà essere portato fino al 4% nel caso di trattamento del piano di posa, purché sia dimostrato il raggiungimento dei requisiti di resistenza e deformabilità e durabilità richiesti
- I solfati totali (solfati e solfuri) dovranno essere inferiori al 2% (UNI EN 196-2), fatta eccezione per l'ultimo strato del rilevato dove dovranno essere tassativamente inferiori allo 0.25% al fine di evitare eventuali fenomeni di espansione volumetrica.
- Contenuto d' acqua W_n inferiore a $1.3 W_{nopt}$, essendo quest' ultimo il contenuto d' acqua alla densità ottimale secondo la prova AASHTO mod T/180-57.

3.5.1.2 Calce (OMISSIS)

3.5.1.3 Acqua

L'acqua da utilizzare per le eventuali correzioni di umidità del terreno naturale dovrà essere dolce, limpida, non inquinata da materie organiche o comunque dannose (oli, acidi, alcali, cloruri, solfati,...) e da qualsiasi altra sostanza nociva alle reazioni terra-calce. La fonte di approvvigionamento sarà indicata alla Direzione Lavori per approvazione.

3.5.2 Studi e Prove preliminari (OMISSIS)

3.5.2.1 Indagini sui terreni naturali (OMISSIS)

3.5.2.2 Indagini calce e terreno (OMISSIS)

3.5.2.3 Campi prova (OMISSIS)

3.5.3 Modalità esecutive

3.5.3.1 Prescrizioni generali (OMISSIS)

3.5.3.2 Attrezzature (OMISSIS)

-

3.5.3.3 Preparazione del terreno naturale (OMISSIS)

3.5.3.4 Stesa del terreno naturale (OMISSIS)

3.5.3.5 Stesa della calce (OMISSIS)

3.5.3.6 Miscelazione (OMISSIS)

3.5.3.7 Compattazione (OMISSIS)

3.5.3.8 Prove di controllo (OMISSIS)

3.6 Documentazione dei lavori

L'Appaltatore sarà tenuto a documentare in apposita relazione:

- la provenienza ed i certificati riportanti le caratteristiche dei materiali impiegati
- le fasi di lavoro;
- i mezzi e le procedure impiegate;
- i controlli effettuati in corso d'opera;

L'approvazione dei materiali nonché delle modalità esecutive e dei risultati dei controlli e dei monitoraggi spetta esclusivamente alla Direzione Lavori.

Relativamente al monitoraggio dell'opera, sarà cura e onere dell'Appaltatore fornire alla Direzione Lavori rapportini illustrativi dei risultati ottenuti, confrontati con le previsioni di Progetto, alle varie cadenze di lettura programmate e comunque ogni volta che si verificano scostamenti significativi con le previsioni di Progetto.

Art. 4 Palancole tipo Larssen (omissis)

Art. 5 Diaframmi in cemento armato (omissis)

Art. 6 Pali di fondazione (omissis)

Art. 7 Trattamenti colonnari (omissis)

Art. 8 Pozzi di fondazione (omissis)

Art. 9 Dreni (omissis)

Art. 10 Tiranti di ancoraggio nei terreni (omissis)

Art. 11 Bulloni e chiodi (omissis)

Art. 12 Lavori in sotterraneo (omissis)

Art. 13 Monitoraggio (omissis)

Art. 14 Dispositivi per lo smaltimento dell'acqua dagli impalcati

14.1 Campo di applicazione

Le presenti specifiche riguardano i dispositivi per lo smaltimento dell'acqua dagli impalcati, destinati a drenare le acque di pavimentazione ed allontanarle dall'opera senza percolazioni e/o stillicidi sulle strutture sottostanti, costituiti da:

- griglie a presidio del pluviale, a quota tale da poter captare le acque meteoriche provenienti dalla pavimentazione;
- bocchettoni per il collegamento tra superficie stradale e collettore;
- collettore per il convogliamento delle acque;

così come configurati nei disegni di Progetto.

14.2 Materiali

14.2.1 Griglie

Le griglie saranno conformi a quanto stabilito nell'art. 17.5.2.

14.2.2 Bocchettoni

I bocchettoni e le relative scatole di imbocco saranno realizzati in acciaio 1.4301 UNI EN 10088-1 (corrispondente ad AISI 304).

14.2.3 Collettori

I collettori saranno costituiti da tubazioni in acciaio conformi alla UNI EN 10224 per:

- caratteristiche dei materiali per i tubi e per i raccordi;
- metodi di giunzione;
- dimensioni dei tubi (diametri, lunghezze, spessori della parete);
- dimensioni dei raccordi;
- caratteristiche fisiche dei tubi e dei raccordi;
- caratteristiche meccaniche dei tubi e dei raccordi.

Il trattamento interno ed esterno sarà in vernice epossidica di spessore non inferiore a 100 micron.

14.3 Posa in opera

I bocchettoni e le relative scatole di imbocco saranno alloggiare nelle apposite nicchie e fori ricavati nella pavimentazione e nella carpenteria dell'impalcato. Prima della posa in opera la superficie di appoggio dovrà essere convenientemente pulita.

Il posizionamento altimetrico avverrà in modo che la superficie superiore del dispositivo (completo di griglia) si trovi, a lavoro ultimato, alla quota della pavimentazione finita (tenuto conto dell'eventuale invito).

A posizionamento effettuato, si procederà alla ripresa della pavimentazione ed alla sigillatura lungo i bordi del dispositivo.

Il collettore sarà sospeso all'impalcato mediante apposite staffe di sostegno; durante l'installazione si curerà, mediante la regolazione dei tiranti delle staffe, che le pendenze di Progetto siano rispettate.

14.4 Controlli ed accettazione

I diversi componenti dei dispositivi dovranno recare la marcatura CE, conforme alle disposizioni delle norme UNI EN 124, UNI EN 10088-2, UNI EN 10224 rispettivamente per le griglie, i bocchettoni ed i tubi del collettore. Per ogni partita l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori la dichiarazione di conformità ed i relativi allegati ai sensi delle norme citate.

14.5 Controlli in cantiere

La Direzione Lavori controllerà, prima della posa in opera, i diversi elementi per accertarne la corrispondenza alle caratteristiche dimensionali previste in Progetto.

Successivamente alla posa in opera la Direzione Lavori controllerà la corretta esecuzione degli allineamenti e dell'ubicazione, disponendo il rifacimento di quanto non conforme al Progetto.

Art. 15 *Manufatti tubolari in lamiera d'acciaio ondulata (omissis)*

Art. 16 *Gabbioni e materassi metallici (omissis)*

Art. 17 *Sistemi di drenaggio del corpo autostradale (omissis)*

Art. 18 *Difese spondali (omissis)*

Art. 19 *Drenaggi (omissis)*

Art. 20 *Conglomerati cementizi semplici e armati (normali e precompressi)*

20.1 Materiali

20.1.1 Aggregati

Saranno impiegati esclusivamente aggregati muniti di Attestato di conformità CE, per i quali il produttore attui un controllo di produzione in fabbrica certificato da un Organismo notificato e dotati di marcatura CE.

Dovranno essere costituiti da elementi resistenti e poco porosi, non gelivi privi di quantità eccedenti i limiti ammessi di parti friabili, polverulente, scistose, piatte o allungate, conchiglie, cloruri, solfati solubili, argilla e sostanze organiche; non dovranno contenere i minerali pericolosi: pirite, marcasite, pirrotina, gesso e quantità nocive di materiali reattivi agli alcali. Per ciascuna delle cave di provenienza dei materiali dovrà essere accertata, mediante esame mineralogico (UNI EN 932-3) presso un Laboratorio Ufficiale, l'assenza dei minerali indesiderati suddetti e di forme di silice reattiva verso gli alcali contenuti nel calcestruzzo (in particolare: opale, calcedonio, tridimite, cristobalite, quarzo ad estinzione ondulata, selce, vetri vulcanici, ossidiane). Sarà cura dell'Impresa fornire alla Direzione Lavori le certificazioni di prove eseguite dall'impianto di betonaggio e/o dalla cava in sede di prequalifica, per ogni cambiamento di cava o materiali nel corpo di cava e comunque ogni **8.000 m³** di aggregati impiegati.

Qualora si riscontri la presenza di forme di silice reattiva, la Direzione Lavori dovrà valutare ed attuare il livello di prevenzione appropriato, in base alla classe di esposizione e alla categoria delle opere, con riferimento alla UNI 8981-2 (2007).

Nella Tabella 20 A sono riepilogati i principali requisiti degli aggregati e le prove cui devono essere sottoposti, con l'indicazione delle norme di riferimento, delle tolleranze di accettabilità e della frequenza.

Tabella 20 A - Caratteristiche degli Aggregati

CARATTERISTICHE	PROVE	NORME	LIMITI DI ACCETTABILITÀ
Gelività degli aggregati	Gelività	UNI EN 1367-1	perdita di massa <4% dopo 10 cicli (Categoria F4 UNI EN 12620). Cat. F2 per Classe di Esposizione XF1 e XF2; Cat. F1 per C.E. XF3 e XF4
Assorbimento dell'aggregato grosso per classi di esposizione XF	Assorbimento	UNI EN 1097-7	< 1%
Resistenza alla abrasione	Los Angeles	CNR 34 e UNI EN 1097-2	Perdita di massa L.A. 30% Cat. LA ₃₀ Per Classi di resistenza C60 o superiori si impiegherà la categoria L.A. ₂₀
Compattezza	Degradabilità al solfato di	UNI EN 1367-2	perdita di massa dopo

degli aggregati	magnesio		5 cicli $\leq 10\%$
Presenza di gesso e solfati solubili	Analisi chimica degli aggregati	UNI EN 1744-1	$SO_3 \leq 0,1\%$
Contenuto di polveri	Aggr. grosso non frantumato o frantumato da depositi alluvionali	Passante a 0,063 mm, UNI EN 933-2	$\leq f_{1,5}$
	Aggr. grosso frantumato da roccia		$\leq f_{4,0}$
	Sabbia non frantumata		$\leq f_{3,0}$
	Sabbia frantumata		$\leq f_{10}$
Equivalente in sabbia e valore di blu		UNI EN 933-8-9	ES ≥ 80 MB ≤ 1 g/kg di sabbia
Presenza di pirite, marcasite, pirrotina	Analisi petrografica	UNI EN 932-3	assenti
Presenza di sostanze organiche	Determinazione e colorimetrica	UNI EN 1744-1	Per aggregato fine: colore della soluzione più chiaro dello standard di riferimento
Presenza di forme di silice reattiva, incluso quarzo ad estinzione ondulata	- prova accelerata su provini di malta	UNI 8520-22	Espansione $< 0,1\%$
	- metodo del prisma di malta (se è superato il limite per la prova accelerata)		Espansione $< 0,05\%$ a 3 mesi oppure $< 0,1\%$ a 6 mesi
Presenza di cloruri solubili	Analisi chimica	UNI EN 1744-1	$Cl^- < 0,1\%$ rispetto al peso di cemento per c.a.p. e $< 0,2\%$ per c.a. normale
Coefficiente di forma e di appiattimento	Determinazione e dei coefficienti di forma SI e di appiattimento FI	UNI EN 933-3	FI e SI $\geq 0,15$ (Dmax=32 mm)
		UNI EN 933-4	FI e SI $\geq 0,12$ (Dmax=64 mm)

Dimensioni per il filler	Passante ai vagli	EN 933-10	Vaglio 2mm= 100 0,125 mm 85-100 0,063 m 75-100

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

La curva granulometrica delle miscele di aggregato per conglomerato cementizio dovrà essere tale da ottenere la minima richiesta d'acqua a parità di dosaggio di cemento e di lavorabilità dell'impasto e dovrà permettere di ottenere i requisiti voluti sia nell'impasto fresco (consistenza, omogeneità, lavorabilità, aria inglobata, ecc.) che nell'impasto indurito (resistenza, permeabilità, modulo elastico, ritiro, viscosità, durabilità, ecc.).

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

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

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

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

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

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

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

- minore di 1/5 della dimensione minima delle strutture;
- minore della spaziatura minima tra le barre di armatura, diminuita di 5 mm;
- minore di 1,3 volte lo spessore del copriferro tranne che per interni di edifici (in tal caso dovrà risultare non maggiore del copriferro).

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

20.1.2 Additivi

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

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

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

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

La quantità di additivo liquido che superi 3 l/m³ di calcestruzzo deve essere presa in conto nel calcolo del rapporto a/c.

Gli additivi dovranno essere aggiunti al conglomerato cementizio nel premiscelatore o nell'autobetoniera contemporaneamente all'acqua d'impasto con un sistema meccanico che consenta di aggiungere l'additivo con una tolleranza sulla quantità prescritta non superiore al 5% ed inoltre che assicuri la sua uniforme distribuzione nella massa del conglomerato cementizio durante il periodo di miscelazione.

20.1.2.1 Additivi fluidificanti e superfluidificanti

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

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

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

del fornitore.

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

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

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

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

20.1.2.2 Additivi aeranti

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

Ricadono in questa prescrizione:

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

La percentuale di aria aggiunta varierà secondo quanto riportato nella Tabella 20 B in rapporto alla dimensione massima degli aggregati (Dmax) e sarà misurata sul conglomerato cementizio fresco prelevato all'atto della posa in opera secondo la relativa Norma UNI EN 12350-7.

Tabella 20 B- Dosaggio richiesto di aria aggiunta

Dmax Aggregati (mm)	% aria aggiunta	
	Minimo	Massimo
10,0	4.5	8.5

a cura di:

12,5	4,0	8
20,0	3,5	7,5
25,0	3,0	7
40,0	2,5	6,5
50,0	2,0	5
75,0	1,5	3

L'Appaltatore dovrà adottare le opportune cautele affinché, per effetto dei procedimenti di posa in opera e compattazione attuati, non si abbia una riduzione del tenore d'aria effettivamente aggiunta al di sotto dei limiti della tabella. A tale scopo per la qualifica delle miscele aerate si dovrà procedere alla misura della differenza del contenuto d'aria del calcestruzzo fresco alla centrale di betonaggio e del calcestruzzo fresco dopo il trasporto, la posa in opera e la compattazione nel manufatto.

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

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

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

20.1.2.3 Additivi ritardanti e acceleranti

Gli additivi ritardanti riducono la velocità iniziale delle reazioni tra il legante e l'acqua aumentando il tempo necessario ai conglomerati cementizi per passare dallo stato plastico a quello rigido, senza influenzare lo sviluppo successivo delle resistenze meccaniche, dopo la maturazione a 28 d.

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

Preferibilmente verranno impiegati additivi multifunzionali ad azione

fluidificante-ritardante o fluidificante-accelerante.

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

20.1.3 Aggiunte

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

20.1.3.1 Ceneri volanti

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

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

Tabella 20 C. Caratteristiche delle ceneri volanti

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

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

K assume i valori seguenti:

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

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

Per gli altri tipi di cemento, il dosaggio delle ceneri volanti non deve superare il 25% del peso del cemento. In questo caso l'aggiunta non sarà computata in alcun modo nel dosaggio di cemento e nel calcolo del rapporto A/C. Ove sia richiesto l'uso dei cementi resistenti ai solfati con basso tenore di C3A (alluminato tricalcico) l'aggiunta non è consentita.

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

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

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

20.1.3.2 Silice ad alta superficie specifica (Fumo di silice)

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

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

La quantità di fumo di silice aggiunta all'impasto, limitata all'intervallo 5-10% sul peso del cemento, dovrà essere definita in sede di qualifica preliminare d'intesa con la Direzione Lavori, in relazione alle caratteristiche del calcestruzzo richieste in fase progettuale.

In via preliminare dovrà essere eseguita una verifica del campione mediante immersione di provini in soluzione al 30% di CaCl₂ a 5 °C per venti giorni senza che sui provini stessi si manifesti formazione di fessure o scaglie.

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

Tabella 20 D Limiti di composizione per il fumo di silice

Parametri	Limiti
SiO ₂	>85%
CaO	<1,2%
SO ₃	<2,5%
Na ₂ O + K ₂ O	<4,0%
Cl ⁻	<0,2%
Area specifica B.E.T.	20-35 m ² /g
Silicio elementare, Si	< 0,5 %

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

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

20.1.3.3 Filler

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

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

Le caratteristiche del filler devono risultare conformi ai requisiti della Tabella 20 E.

Tabella 20 E Caratteristiche e limiti ammissibili per i filler

Caratteristica	Limiti ammissibili	Metodo di prova
Granulometria	Devono essere rispettati i limiti del prospetto 7 della uni 12620	EN 933-10
Massa volumica dei granuli	La massa volumica deve essere espressa in termini di massa	EN 1097-6

	volumica dopo essiccazione in stufa e deve essere >2000	
Contenuto di cloruri solubili in acqua	Il contenuto di cloruri deve essere minore dello 0,03 per cento	EN 1744-1, punto 7
Contenuto di solfati solubili in acido	Contenuto di solfati solubili in acido < 0,8%	UNI EN 1744-1, punto 12
Contenuto di zolfo totale	contenuto di zolfo totale 1,0%	UNI EN 1744-1, punto 11
Qualità dei fini per (Pulizia)	Il valore del blu di metilene $MB_f \leq 12$ g/kg	UNI EN 933-9, appendice A
Costituenti che alterano la presa e l'indurimento del calcestruzzo	Il contenuto di tali materiali deve soddisfare i requisiti del 6.4.1 della UNI EN 12620	UNI EN 1744-1, punto 15.1; 15.2; 15.3

20.2 Durabilità dei conglomerati cementizi

La durabilità delle opere in conglomerato cementizio è definita dalla capacità di mantenere nel tempo, entro limiti accettabili per le esigenze di esercizio, i valori delle caratteristiche funzionali in presenza di cause di degradazione.

Le cause di degradazione più frequenti sono i fenomeni di corrosione delle armature, i cicli di gelo-disgelo, l'attacco di acque aggressive di varia natura per la presenza di solfati, cloruri, anidride carbonica aggressiva.

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

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

La durabilità si ottiene mediante l'impiego di conglomerato cementizio poco permeabile, eventualmente aerato, a basso rapporto a/c, di elevata lavorabilità, con adeguato dosaggio di cemento del tipo idoneo, mediante compattazione adeguata, rispettando i limiti del tenore di ione cloruro totale nel conglomerato cementizio e curando scrupolosamente la stagionatura.

Oltre all'impiego di tale conglomerato cementizio riveste fondamentale importanza anche lo spessore del copriferro e la eventuale presenza di fessurazioni dei manufatti.

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

quelli della Tabella 20 H.

In alternativa ad una prova globale di durabilità, la Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista, farà eseguire, sempre in fase di qualifica, prove di permeabilità, prove di resistenza ai cicli di gelo disgelo, d'assorbimento d'acqua, di scagliamento in presenza di cloruro, di resistenza all'azione di soluzioni aggressive.

La prova di resistenza al gelo sarà svolta sottoponendo i campioni a 300 cicli di gelo e disgelo, secondo UNI 7087; la conseguente variazione delle proprietà caratteristiche dovrà essere contenuta entro i limiti riportati nella Tabella 20 F.

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

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

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

La prova di permeabilità all'ossigeno sarà eseguita secondo UNI 11164. Per calcestruzzo impermeabile si richiede un coefficiente di permeabilità non superiore a 1.5×10^{-17} m².

20.3 Tipi e classi dei conglomerati cementizi

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

- i "tipi" sono definiti nella Tabella 20 G, nella quale sono indicate alcune caratteristiche dei conglomerati cementizi e sono esemplificati i relativi campi di impiego;
- le "classi" indicano la resistenza caratteristica cubica del conglomerato cementizio a ventotto giorni di maturazione, espressa in MPa.

Ai fini dell'utilizzo della Tabella 20 G il progettista avrà provveduto ad assegnare a ciascun elemento strutturale l'opportuna classe di esposizione conformemente alle prescrizioni contenute nel prospetto 1 della UNI 11104 (allegato 20.1), tenendo anche in considerazione la tabella dell'allegato 20.2. Per tutte le strutture immerse o contro terra deve essere accertata la composizione dell'acqua e/o del terreno, allo scopo di assegnare la corretta classe di esposizione.

Qualora per un determinato elemento strutturale sussista l'appartenenza a

diverse classi di esposizione, si adotteranno i valori di rapporto acqua/cemento, dosaggio di cemento e resistenza a compressione che soddisfano i requisiti di tutte le classi individuate.

Le prescrizioni della Tabella 20 G sono vincolanti, salvo il caso di ristrutturazioni per le quali il progettista potrà motivare la scelta di classi di resistenza diverse

Tabella 20 G - Tipi di impiego e classi dei conglomerati cementizi

Tip o di Cls	Classi di esposizione	Cementi Ammessi a)	Massimo Rapport o a/c	Minimo dosaggio di cemento	Classi di resistenz a minime R _{ck}	Consisten za al cono UNI EN 12350- 2
I	XC4, XS1, XF1	CEM I CEM II CEM III CEM IV	0.50	340	40 MPa	S4, S5
II	XA2	CEM III CEM IV	0,50	340	40 MPa	
	XA3		0,45	360	45 MPa	
III	XF2	CEM III CEM IV Con aria aggiunta (vedi Tabella 20 B) ad esclusione del precompress o	0,50	340	30 MPa	
	XF4		0,45	360	35 MPa	
IV	XC3, XA1	CEM III CEM IV	0,55	320	35 MPa	
V	XC2	CEM III CEM IV	0.60	300	30 MPa	
	XA2		0,50	340	40 MPa	
	XA3		0,45	360	45	
VI	X0	Tutti			15 MPa	

20.4 Qualifica preliminare dei conglomerati cementizi

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

- classe di esposizione in funzione delle condizioni ambientali (UNI EN 206-1);
- resistenza caratteristica a compressione Rck;
- durabilità delle opere (UNI 8981-1 e -2);
- lavorabilità (abbassamento al cono UNI EN 12350-2 o altre prove se previsto);
- tipi di cemento e dosaggi minimi ammessi;
- tipi di additivi e di eventuali aggiunte minerali e relativi dosaggi ottimali da utilizzarsi;
- resistenza a trazione per flessione secondo UNI EN 12390-5;
- resistenza a compressione sui monconi dei provini rotti per flessione (UNI 6134);
- resistenza a trazione indiretta (UNI 6135);
- modulo elastico secante a compressione (UNI 6556);
- contenuto d'aria del conglomerato cementizio fresco (UNI EN 12350-7);
- ritiro idraulico (UNI 6555);
- resistenza ai cicli di gelo-disgelo (UNI 7087);
- impermeabilità (ISO DIS 7032) (DIN 1048);
- accorgimenti da adottare in caso di lavorazioni da eseguirsi in presenza di temperature rigide (al di sotto di 5°C) o in clima caldo (al di sopra di 30°C);
- sviluppo di calore e innalzamento di temperatura nei getti
- in caso di maturazione accelerata a vapore: descrizione del ciclo termico e descrizione dell'impianto che l'Appaltatore intenderà utilizzare.

20.4.1 Dossier di Prequalifica

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

- a) lo studio dei conglomerati cementizi ai fini della durabilità, eseguito secondo quanto precisato successivamente;
- b) la caratterizzazione granulometrica degli aggregati e i dati di assorbimento delle varie dimensioni dell'aggregato;

- c) il tipo e il dosaggio del cemento, il rapporto acqua/cemento, lo studio della composizione granulometrica degli aggregati, il tipo e il dosaggio degli additivi che intende usare, il contenuto di aria aggiunta, il valore previsto della consistenza al cono (o altro metodo se richiesto), per ogni tipo e classe di conglomerato cementizio;
- d) le caratteristiche dell'impianto di confezionamento, i sistemi di trasporto, di getto e di maturazione;
- e) la documentazione che attesta una produzione con processo industrializzato del calcestruzzo;
- f) i risultati delle prove di prequalifica all'impianto;
- g) i progetti delle opere provvisorie e provvisionali (centine, armature di sostegno e attrezzature di costruzione).
- h) elaborati e relazioni di calcolo

20.4.2 Qualifica all'impianto

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

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

1. il valore medio della resistenza a compressione a 28 giorni (R_m) , misurato su almeno 4 prelievi (ciascuno di due provini) deve essere:

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

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

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

2. il valore dell'abbassamento al cono deve essere conforme alla classe di consistenza dichiarata $\leq 20 \text{ mm}$. Salvo requisiti diversi definiti in Progetto o individuati dalla Direzione dei Lavori in funzione delle condizioni di impiego, la consistenza deve mantenersi:

- per almeno 60 minuti per temperature fino a 20°C ;
- per almeno 45 minuti per temperature fino a 30°C .

3. deve essere verificata l'omogeneità del calcestruzzo all'atto del getto su

due campioni, prelevati rispettivamente a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera; deve risultare:

- una differenza dell'abbassamento al cono non superiore a 30 mm,
- una differenza tra le percentuali in peso di passante al vaglio a maglia quadrata da 4 mm dei due campioni non superiore al 4%,

4. il rapporto acqua/cemento determinato secondo le modalità previste nella Norma UNI 6393, non deve differire di + 0.03 da quello dichiarato nella prequalifica;

5. il valore della massa volumica del calcestruzzo fresco dev'essere superiore al 98% del teorico;

6. il bleeding (secondo UNI 7122, p. 5.2) deve essere minore dello 0,1% dell'acqua di impasto.

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

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

20.4.3 Autorizzazione ai getti

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

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

Caratteristiche dei materiali e composizione degli impasti, definite in sede di qualifica, non possono essere modificati in corso d'opera salvo autorizzazione scritta della Direzione Lavori.

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

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

- rispettate le prescrizioni sulla qualificazione dei materiali,
- definite e qualificate le composizioni degli impasti,
- eseguite le prove di qualifica all'impianto,

- dovrà essere documentata la produzione con processo industrializzato.

Si puntualizza che per la realizzazione delle opere in conglomerato cementizio dovrà essere impiegato esclusivamente "conglomerato cementizio a prestazione garantita" secondo la Norma UNI EN 206-1. In nessun caso verrà ammesso l'impiego di "conglomerato cementizio a composizione richiesta" secondo la stessa Norma; tutto ciò dicasi anche per il calcestruzzo non strutturale utilizzato per spianamenti, sottofondazioni, riempimenti, ecc., che dovrà essere confezionato con materiali idonei ed avere classe di resistenza > 15 MPa.

20.5 Controlli in corso d'opera

La Direzione Lavori eseguirà controlli periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza tra le caratteristiche dei materiali e degli impasti impiegati e quelle definite in sede di qualifica e l'utilizzo delle miscele previste per le varie parti delle opere.

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

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

- Forno per essiccare;
- Setacci;
- Bilancia di portata fino a 20 kg e sensibilità 1 gr;
- Termometro a immersione per calcestruzzo;
- Porosimetro;
- Picnometro;
- Contenitore tarato per prove di massa volumica su calcestruzzo;
- Cono o tavola a scosse;
- Casseforme di acciaio o PVC per il prelievo di almeno 32 cubetti;
- Impastatrice da laboratorio;
- Piastra o ago vibrante;
- Sclerometro;
- Termometro a max-min;
- Contenitore ermetico ed alcool per il controllo del calcestruzzo fresco;
- Camera termostatica con umidificatore a nebbia o vasca termostatica di stagionatura dei provini di calcestruzzo.

- Pressa da laboratorio con carico massimo pari ad almeno 2000 kN
- Attrezzatura per la registrazione delle temperature del calcestruzzo durante la presa e l'indurimento, dotata di almeno sei termocoppie;
- Carotatrice idonea al prelievo di carote con diametro fino a 120 mm

20.5.1 Resistenza dei conglomerati cementizi

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

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

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

Il Direttore dei Lavori o un tecnico di sua fiducia provvederanno ad identificare ciascun provino mediante scritte indelebili su fascette di plastica inserite nella superficie del provino fresco e non rimovibili. I provini verranno lasciati nelle casseforme, protetti con pellicola di politene e riposti in ambienti chiusi a temperatura tra 15 e 25 °C. Dopo 16 ore ma non più di 3 giorni verranno trasferiti in laboratorio, sformati e posti in cella di maturazione a temperatura di 20 ± 2 °C e umidità relativa $\geq 95\%$ oppure in acqua a 20 ± 2 °C.

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

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

Nel caso che la resistenza ricavata dalle prove a 3 o 7 giorni risultasse inferiore a quella prevista, la Direzione Lavori, nell'attesa dei risultati ufficiali, potrà a suo insindacabile giudizio ordinare la sospensione dei getti dell'opera interessata senza che l'Appaltatore possa accampare per questo alcun diritto.

Le resistenze di prelievo a 28 giorni verranno determinate dal Laboratorio

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

20.5.1.1 Controlli di accettazione con metodo Tipo A

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

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

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

20.5.1.2 Controlli di accettazione con metodo Tipo B

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

Devono essere verificate le disuguaglianze:

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

dove s è lo scarto quadratico medio

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

20.5.2 Non conformità dei controlli di accettazione

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

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

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

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

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

20.6 Tecnologia esecutiva delle opere

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

20.6.1 Confezione dei conglomerati cementizi

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

Alla fine di ogni turno di lavoro l'Appaltatore dovrà trasmettere al Responsabile del Controllo Qualità dei Materiali, incaricato dal Direttore dei Lavori, copia dei tabulati riportanti i dati di carico d'ogni impasto eseguito durante il turno stesso.

La mancata consegna dei tabulati comporterà la non conformità del conglomerato

cementizio prodotto durante l'intera giornata lavorativa.

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

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

Per l'acqua è ammessa anche la dosatura a volume. La dosatura effettiva dell'acqua dovrà essere realizzata con precisione del 3% ed i relativi dispositivi dovranno essere tarati almeno una volta ogni due mesi o comunque quando richiesto dalla Direzione Lavori.

La dosatura effettiva degli aggregati e del cemento dovrà essere realizzata con precisione del 3%.

Le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi e tarate all'inizio del lavoro e successivamente almeno una volta l'anno e comunque quando richiesto dalla Direzione Lavori.

I dispositivi di misura del cemento, dell'acqua degli additivi e delle aggiunte dovranno essere del tipo individuale. Le bilance per la pesatura degli aggregati possono essere di tipo cumulativo (peso delle varie pezzature con successione addizionale).

I silos del cemento e delle aggiunte minerali debbono garantire la tenuta nei riguardi dell'umidità atmosferica.

Il tempo e la velocità di mescolamento dovranno essere tali da produrre un conglomerato rispondente ai requisiti d'omogeneità di cui ai successivi paragrafi.

L'impasto dovrà risultare di consistenza uniforme ed omogeneo, uniformemente coesivo (tale cioè da essere trasportato e manipolato senza che si verifichi la separazione dei singoli elementi); lavorabile (in maniera che non rimangano vuoti nella massa o sulla superficie dei manufatti dopo eseguita la vibrazione in opera).

20.6.2 Getti in clima freddo

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

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

In caso di clima freddo occorre:

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

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

20.6.2.1 Mantenimento della temperatura del calcestruzzo per evitare il congelamento

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

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

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

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

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

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

Nella stessa Tabella 20 H vengono altresì riportati i massimi valori ammissibili di abbassamento della temperatura nelle prime 24 ore dopo la fine della protezione ovvero dopo la rimozione dei sistemi coibenti per evitare shock

termico.

Tabella 20 H - Temperature del calcestruzzo

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

20.6.2.2 Coibentazione

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

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

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

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

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

Spessore minimo, mm	Temp. Minima prevista, °C	Solette	Pile, muri	Pulvini
< 300	Fino a -5	0.8		
	Fino a -15	1.41		

500-1200	Fino a -5		0.5	
	Fino a -15		0.7	
> 1800	Fino a -15			.35

20.6.2.3 Protezione

Dopo la posa in opera e lo scassero le parti esposte all'aria dei manufatti andranno protette contro l'essiccamento prematuro, come specificato al punto 20.6.13.

20.6.2.4 Requisito di resistenza

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

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

20.6.2.5 Ulteriori precauzioni

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

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

20.6.2.6 Misure di temperatura

All'interno dei manufatti indicati dalla Direzione dei Lavori debbono essere disposte termocoppie allo scopo di verificare, ogni 2 ore, la temperatura del calcestruzzo. Sono da preferire sistemi automatici muniti di data-logger. La posizione delle termocoppie dovrà trovarsi nei punti più critici, in particolare in corrispondenza di vertici e spigoli.

20.6.3 Getti clima caldo

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

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

veda anche paragrafo sui getti massicci).

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

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

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

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

20.6.4 Getti massicci

Qualora debbano realizzarsi getti massicci (dimensione minima pari ad 1,5 metri o maggiore) dovranno essere attuati gli opportuni accorgimenti per evitare fessure dovute al raggiungimento di temperature e gradienti eccessivi all'interno dei manufatti, dovuti a loro volta allo sviluppo del calore di idratazione del cemento. In particolare non dovrà essere superata all'interno dei getti la temperatura di 65°C e la massima differenza di temperatura nella sezione del manufatto dopo la rimozione delle casseforme non dovrà essere superiore a 20 °C. Dovranno pertanto evitarsi metodi di stagionatura che favoriscono un rapido raffreddamento della superficie esterna dei manufatti; al contrario sarà utile il mantenimento prolungato dei casseri (se isolanti).

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

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

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

portare alla fessurazione.

20.6.5 Getti di lunghezza elevata

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

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

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

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

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

20.6.6 Trasporto e consegna

Il trasporto dei conglomerati cementizi dall'impianto di betonaggio al luogo d'impiego dovrà essere effettuato con mezzi idonei al fine di evitare la possibilità di segregazione dei singoli componenti e comunque tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del conglomerato cementizio medesimo. Saranno accettate in funzione della durata e della distanza di trasporto, le autobetoniere e le benne a scarico di fondo ed, eccezionalmente, i nastri trasportatori.

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

L'uso delle pompe sarà consentito a condizione che l'Appaltatore adotti, a sua cura e spese, provvedimenti idonei a mantenere il valore prestabilito del rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio alla bocca d'uscita della pompa.

Non saranno ammessi gli autocarri a cassone o gli scivoli.

La miscela qualificata di calcestruzzo dovrà avere un mantenimento della lavorabilità idoneo per la durata massima prevista del trasporto, anche in funzione delle condizioni atmosferiche; all'atto dello scarico dovrà essere controllata l'omogeneità dell'impasto con la prova indicata nei seguenti paragrafi.

È facoltà della Direzione Lavori di rifiutare carichi di conglomerato cementizio non rispondenti ai requisiti prescritti; i quantitativi rifiutati, non potranno essere oggetto di successive "correzioni" ma dovranno essere definitivamente ed insindacabilmente riposti nell'apposito sito predisposto dall'Appaltatore.

In particolare, se al momento della posa in opera la consistenza del conglomerato cementizio non è quella prescritta, lo stesso non dovrà essere impiegato per l'opera ma scaricato in luogo appositamente destinato dall'Appaltatore e reso noto alla Direzione Lavori in sede di prequalifica dei conglomerati cementizi.

Tuttavia se la consistenza è minore di quella prescritta (minore slump) e il conglomerato cementizio è ancora nell'autobetoniera, la consistenza può essere portata fino al valore prescritto mediante aggiunta d'additivi fluidificanti, e l'aggiunta sarà registrata sulla bolla di consegna.

Si pone assoluto divieto all'aggiunta d'acqua durante le operazioni di getto.

20.6.7 Prova sui materiali e sul conglomerato cementizio fresco

Fermo restando quanto stabilito al precedente punto 20.5 riguardo alla resistenza dei conglomerati cementizi, la Direzione Lavori si riserva la facoltà di prelevare quando lo ritenga opportuno, ulteriori campioni di materiali o di conglomerato cementizio da sottoporre ad esami o prove di laboratorio.

In particolare in corso di lavorazione sarà controllata la consistenza, l'omogeneità, il contenuto d'aria, il rapporto acqua/cemento e l'acqua essudata (bleeding secondo UNI 7122).

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

Detta prova sarà effettuata nei pressi del getto ogni qualvolta la Direzione Lavori lo ritenga opportuno, e comunque almeno una prova ogni 100mc di miscela omogenea, o giorno di getto nel caso di getti inferiori ai 100mc.

Quando la consistenza prevista progettualmente è definita come S1, S2, S3, S4 e S5, l'effettivo abbassamento in centimetri cui fare riferimento per la

valutazione della prova sarà quello riportato nel mix-design di prequalifica. Ad ogni controllo sarà redatto un apposito rapporto di prova strutturato secondo le indicazioni della Direzioni Lavori.

Qualora l'abbassamento, con tolleranza di ± 2 cm, non fosse quello progettualmente previsto l'autobetoniera sarà allontanata dal cantiere; sarà premura della Direzione Lavori accertare che il conglomerato in essa contenuto non sia oggetto di successive manipolazioni, ma sia definitivamente scartato in quanto non idoneo.

Tale prova sarà considerata significativa per abbassamenti compresi 2 e 23 cm. Per abbassamenti inferiori a 2 cm si dovrà eseguire la prova con la tavola a scosse secondo la Norma UNI EN 12350-5 o con l'apparecchio VEBE secondo la Norma UNI EN 12350-3.

La prova d'omogeneità sarà eseguita vagliando ad umido due campioni di conglomerato, prelevati a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera, attraverso il vaglio a maglia quadra da 4 mm.

La percentuale in peso di aggregato grosso nei due campioni non dovrà differire più del 6%.

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

La prova del contenuto d'aria secondo la Norma UNI EN 12350-7 è richiesta per tutti i calcestruzzi aerati e dovrà essere effettuata sul contenuto d'ogni betoniera. Quando il contenuto percentuale d'aria aggiunta non sarà quello preliminarmente stabilito (si veda il punto 20.1.2.2), l'autobetoniera sarà allontanata dal cantiere.

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

Il rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio fresco dovrà essere controllato in cantiere, secondo la Norma UNI 6393, almeno una volta per ogni giorno di getto.

In fase d'indurimento potrà essere prescritto il controllo della resistenza a diverse epoche di maturazione, su campioni appositamente confezionati.

Sul conglomerato cementizio indurito la Direzione Lavori potrà disporre l'effettuazione di prove e controlli mediante prelievo di carote e/o altri sistemi anche non distruttivi quali ultrasuoni, misure di resistività, misure di pull out con tasselli Fischer, contenuto d'aria da aerante, ecc..

20.6.8 Casseforme e posa in opera

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

in opera sarà eseguita con ogni cura ed a regola d'arte, dopo aver preparato accuratamente e rettificati i piani di posa, le casseforme, i cavi da riempire e dopo aver posto le armature metalliche.

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

Nel caso di getti contro terra, roccia, ecc., si deve controllare che la pulizia del sottofondo, il posizionamento d'eventuali drenaggi, la stesura di materiale isolante o di collegamento, siano eseguiti in conformità alle disposizioni di Progetto e delle presenti Norme. I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di Progetto ed alle prescrizioni della Direzione Lavori. Si avrà cura che in nessun caso si verificino cedimenti dei piani d'appoggio e delle pareti di contenimento.

Le casseforme dovranno essere atte a garantire superfici di getto regolari ed a perfetta regola d'arte; in tal senso l'Appaltatore provvederà, a sua cura e spese, alla posa d'opportuni ponteggi ed impalcature, previa presentazione ed approvazione da parte della Direzione Lavori dei relativi progetti.

L'Appaltatore dovrà progettare le cassaforme e le relative strutture di contrasto, (in particolare per manufatti di altezza rilevante gettati velocemente e con conglomerato di consistenza S5 o SCC), in modo tale da evitare rischi connessi alla pressione del calcestruzzo fresco. Si dovrà fare riferimento al Progetto di Norma SS UNI U50.00.206.0 o successivi aggiornamenti. Dovranno essere impiegati prodotti disarmanti aventi i requisiti di cui alle specifiche della Norma UNI 8866; le modalità d'applicazione dovranno essere quelle indicate dal produttore evitando accuratamente aggiunte eccessive e ristagni di prodotto sul fondo delle casseforme.

La Direzione Lavori eseguirà un controllo della quantità di disarmante impiegato in relazione allo sviluppo della superficie di casseforme trattate.

Dovrà essere controllato inoltre che il disarmante impiegato non macchi o danneggi la superficie del conglomerato.

A tale scopo saranno usati prodotti efficaci per la loro azione specifica escludendo i lubrificanti di varia natura. Dal giornale lavori del cantiere dovrà risultare la data d'inizio e di fine dei getti e del disarmo.

Se il getto dovesse essere effettuato durante la stagione invernale, l'Appaltatore dovrà tenere registrati giornalmente i minimi di temperatura desunti da un apposito termometro esposto nello stesso cantiere di lavoro.

Si dovranno rimuovere dall'interno dei casseri e della superficie dei ferri d'armatura eventuali residui di ghiaccio o di brina eventualmente venutasi a formare durante le ore notturne.

Il conglomerato cementizio sarà posto in opera e assestato con ogni cura in modo

che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee e perfettamente regolari ed esenti anche da macchie o chiazze.

Per la finitura superficiale delle solette è prescritto l'uso di stagge vibranti o attrezzature equivalenti; la regolarità dei getti dovrà essere verificata con un'asta rettilinea della lunghezza di 2,00 m, che in ogni punto dovrà aderirvi uniformemente nelle due direzioni longitudinale e trasversale; saranno tollerati soltanto scostamenti inferiori a 10 mm.

Eventuali irregolarità o sbavature dovranno essere asportate mediante bocciardatura e i punti incidentalmente difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta cementizia a ritiro compensato immediatamente dopo il disarmo; ciò qualora tali difetti o irregolarità siano contenuti nei limiti che la Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, riterrà tollerabili fermo restando in ogni caso che le suddette operazioni ricadranno esclusivamente e totalmente a carico dell'Appaltatore.

Quando le irregolarità siano mediamente superiori a 10 mm, la Direzione Lavori ne imporrà la regolarizzazione a totale cura e spese dell'Appaltatore mediante uno strato di materiali idonei che, secondo i casi e ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori potrà essere costituito da:

- malte o betoncini reoplastici a base cementizia a ritiro compensato;
- conglomerato bituminoso del tipo usura fine, per spessori non inferiori a 15 mm.

Eventuali ferri (filo, chiodi, reggette) che con funzione di legatura di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere da getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 1,5 cm sotto la superficie finita e le cavità risultanti saranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento espansivo.

Dovunque sia possibile, gli elementi dei casseri saranno fissati nell'esatta posizione prevista utilizzando fili metallici liberi di scorrere entro tubetti di materiale PVC o simile, di colore grigio, destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio, armato o non armato.

Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione. A questo scopo il conglomerato dovrà scendere verticalmente al centro della cassaforma e sarà steso, mediante rastrelli o stagge, in strati orizzontali di spessore limitato e comunque non superiore a 50 cm misurati dopo la vibrazione. Nel caso di getti di notevole estensione i punti di getto non dovranno distare più di cinque metri uno dall'altro (salvo l'impiego di calcestruzzo autocompattante).

È vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo con l'impiego del vibratore; è altresì vietato lasciar cadere dall'alto il conglomerato cementizio per un'altezza superiore ad un metro; se necessario si

farà uso di tubi getto o si getterà mediante pompaggio.

20.6.9 Compattazione

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

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

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

Tabella 20.J

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

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

.

20.6.10 Riprese di getto

L'Appaltatore dovrà porre particolare cura nella realizzazione dei giunti di dilatazione o contrazione di tipo impermeabile (waterstop), o giunti speciali aperti, a cunei, secondo le indicazioni di Progetto.

Tra le successive riprese di getto non dovranno aversi distacchi o discontinuità o differenze d'aspetto.

La Direzione Lavori avrà la facoltà di prescrivere, ove e quando lo ritenga necessario, che i getti siano eseguiti senza soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa, anche se ciò comporta che il lavoro debba essere condotto a turni, durante le ore notturne ed anche in giornate festive, senza che all'Appaltatore non spetti nulla di più di quanto previsto contrattualmente. In alternativa la Direzione Lavori potrà prescrivere l'adozione di riprese di getto di tipo monolitico.

Queste saranno realizzate mediante spruzzatura d'additivo ritardante sulla superficie del conglomerato cementizio fresco subito prima della sospensione del getto; dopo che la massa del conglomerato sarà indurita si provvederà (entro 24 ore) all'eliminazione della malta superficiale non ancora rappresa, mediante getto d'acqua, ottenendo una superficie di ripresa scabra, sulla quale si potrà disporre all'atto della ripresa di getto una malta priva di ritiro immediatamente prima del nuovo getto di conglomerato cementizio; la ripresa potrà effettuarsi solo dopo che la superficie del getto precedente sia stata accuratamente pulita, lavata e spazzolata.

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

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

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

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

20.6.11 Prevenzione delle fessure da ritiro plastico

A getto ultimato dovrà essere curata la stagionatura dei conglomerati cementizi in modo da evitare un rapido prosciugamento delle superfici esposte all'aria dei medesimi (favorito da tempo secco e ventilato) e la conseguente formazione di fessure da ritiro plastico, usando tutte le cautele ed impiegando i mezzi più idonei allo scopo, fermo restando che il sistema proposto dall'Appaltatore dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori.

A questo fine le superfici del conglomerato cementizio non protette dalle casseforme dovranno essere mantenute umide il più a lungo possibile e comunque per almeno 7 d, sia per mezzo di prodotti antievaporanti (curing), da applicare a spruzzo immediatamente dopo il getto, sia mediante continua bagnatura con acqua nebulizzata, evitando ruscellamento d'acqua, sia con applicazione di teli di tessuto da mantenere bagnati, sia infine con teli di plastica.

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

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

In particolare per le solette, che sono soggette all'essiccamento prematuro ed alla fessurazione da ritiro plastico che ne deriva, è fatto obbligo di applicare sistematicamente i provvedimenti di cui sopra.

È ammesso in alternativa l'impiego, anche limitatamente ad uno strato superficiale di spessore non minore di 20 cm, di conglomerato cementizio rinforzato da fibre di resina sintetica di lunghezza da 20 a 35 mm, di diametro d'alcuni millesimi di millimetro aggiunti nella betoniera e dispersi uniformemente nel conglomerato cementizio, in misura di $0,5 \div 1,5 \text{ kg/m}^3$.

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

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

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

20.6.12 Disarmo e scasseratura

Durante il periodo della stagionatura, i getti dovranno essere riparati da urti, vibrazioni e sollecitazioni d'ogni genere.

La rimozione delle armature di sostegno dei getti dovrà essere effettuata quando siano state sicuramente raggiunte le prescritte resistenze e comunque mai prima di 48 (quarantotto) ore.

In assenza di specifici accertamenti, l'Appaltatore dovrà attenersi a quanto stabilito nella UNI EN 13670-1 (Tabella 20 L).

20.6.13 Protezione dopo la scasseratura

Al fine di evitare un prematuro essiccamento dei manufatti dopo la rimozione delle casseforme, per effetto del quale l'indurimento è ridotto e il materiale risulta più poroso e permeabile, si dovrà procedere alla stagionatura protetta. Per la stagionatura e la protezione sono utilizzabili, separatamente o in sequenza, i metodi seguenti:

- mantenere nella sua posizione la cassaforma;
- coprire la superficie del calcestruzzo con membrane impermeabili assicurate agli spigoli e ai giunti, per prevenire la formazione di correnti d'aria;
- porre teli bagnati sulla superficie e assicurarsi che restino bagnati;
- mantenere bagnata la superficie del calcestruzzo mediante irrigazione con acqua;
- applicazione di un idoneo prodotto stagionante.

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

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

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

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

20.6.14 Maturazione accelerata a vapore

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

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

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

L'Appaltatore avrà a suo carico il preciso obbligo di predisporre in corso d'esecuzione quanto è previsto nei disegni costruttivi o sarà successivamente prescritto di volta in volta in tempo utile dalla Direzione Lavori, circa fori, tracce, cavità, incassature ecc. nelle solette, nervature, pilastri, murature, ecc., per la posa in opera d'apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle d'ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere d'interdizione, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti d'impianti.

Tutte le conseguenze per la mancata esecuzione delle predisposizioni così prescritte dalla Direzione Lavori, saranno a totale carico dell'Appaltatore, sia per quanto riguarda le rotture, i rifacimenti, le demolizioni d'opere di spettanza dell'Appaltatore stesso, sia per quanto riguarda le eventuali opere d'adattamento d'infissi o impianti, i ritardi, le forniture aggiuntive di materiali e la maggiore mano d'opera occorrente da parte dei fornitori.

Quando previsto in Progetto, le murature in conglomerato cementizio saranno rivestite sulla superficie esterna con paramenti speciali in pietra, laterizi od altri materiali da costruzione; in tal caso i getti dovranno procedere

contemporaneamente al rivestimento ed essere eseguiti in modo da consentire l'adattamento e l'ammorsamento.

Qualora la Società dovesse affidare i lavori di protezione superficiale dei conglomerati cementizi a ditte specializzate, nulla è dovuto all'Appaltatore per gli eventuali oneri che dovessero derivarle dalla necessità di coordinare le rispettive attività.

20.6.16 Predisposizione delle armature per c.a.

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

L'uso dei distanziatori dovrà essere esteso anche alle strutture di fondazione armate. In assenza di tali distanziatori la Direzione Lavori non darà il proprio assenso all'inizio delle operazioni di getto.

Copriferro ed interferro dovranno essere dimensionati nel rispetto delle indicazioni contenute negli Eurocodici.

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

In presenza di ferri d'armatura zincati od in acciaio inox, il filo utilizzato per le legature dovrà avere le stesse caratteristiche dell'acciaio da sottoporre a legatura.

L'Appaltatore, con riferimento alla UNI EN 13670.1, dovrà adottare inoltre tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di Progetto all'interno delle casseforme durante le operazioni di getto.

È a carico dell'Appaltatore l'onere della posa in opera delle armature metalliche, anche in presenza d'acqua o fanghi bentonitici, nonché i collegamenti equipotenziali.

20.6.17 Armatura di precompressione

L'Appaltatore dovrà attenersi rigorosamente alle prescrizioni contenute nei calcoli statici e nei disegni esecutivi per tutte le disposizioni costruttive, ed in particolare per quanto riguarda:

- il tipo, il tracciato, la sezione dei singoli cavi;
- le fasi d'applicazione della precompressione;

- la messa in tensione da uno o da entrambi gli estremi;
- le eventuali operazioni di ritaratura delle tensioni;
- i dispositivi speciali come ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa, ecc.

Oltre a quanto prescritto dalle vigenti norme di legge si precisa che, nella posa in opera delle armature di precompressione, l'Appaltatore dovrà assicurarne l'esatto posizionamento mediante l'impiego d'appositi supporti, realizzati per esempio con pettini in tondini d'acciaio. Per quanto riguarda l'iniezione nei cavi di precompressione, si rimanda all'articolo specifico del presente Capitolato Speciale.

20.7 Calcestruzzo Reodinamico SCC

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

Risulta pertanto particolarmente indicato:

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

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

Le caratteristiche del calcestruzzo reodinamico saranno le seguenti:

- dosaggio minimo di cemento non inferiore al valore previsto dalla UNI 11104,
- rapporto a/c non superiore a quello previsto dalla UNI 11104,
- filler calcareo o cenere volante, dosaggio ≥ 120 kg/m³
- contenuto di fini ≥ 520 kg/m³ (parti fini = cemento + componenti < 100 micron)
- rapporto in volume acqua/parti fini $0.95 \div 1.03$,
- aggregati aventi $D_{max} \leq 20$ mm
- superfluidificante specifico per calcestruzzo reodinamico a base di polycarbosilati eteri capace di una riduzione d'acqua del 20 - 25% rispetto al calcestruzzo tal quale non additivato di pari lavorabilità, dosato al $0.8 \div 1.5$ litri per 100 kg delle parti fini,
- agente viscosizzante specifico, costituito tassativamente da una soluzione

acquosa di macropolimeri a base di cellulosa modificata, dosaggio 0.8÷1.5 litri per 100 kg delle parti fini,

- mantenimento della lavorabilità del calcestruzzo per almeno 60 minuti anche a $T = 25^{\circ}\text{C}$ con riduzione massima di 5 cm del valore ottenuto con lo slump-flow test.
- slump-flow test secondo UNI 11041, tra 600 e 700 mm,
- V-funnel test, UNI 11042, tra 8 e 12 s,
- Ubox ≤ 30 mm (prova da eseguire secondo UNI 11044 almeno in fase di qualifica della miscela).

20.8 Calcestruzzi leggeri

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

20.8.1 Calcestruzzo leggero strutturale

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

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

Classe di massa volumica	D1,4	D1,6	D1,8	D2,0
Intervallo di massa volumica, kg/m^3	>1200 e \square 1400	\square 1400 e \square 1600	\square 1600 e \square 1800	\square 1800 e \square 2000

La resistenza caratteristica a compressione a 28 d deve risultare non inferiore a 15 N/mm² e minore di 25 N/mm² (tipo designato LC2) ovvero uguale o maggiore di 25 N/mm² (tipo designato LC3). La resistenza verrà controllata con la stessa procedura prevista per il calcestruzzo di massa volumica normale.

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

In caso di pompaggio è necessario prevedere una presaturazione dell'aggregato allo scopo di prevenire assorbimento sotto pressione dell'acqua di impasto. L'additivo fluidificante impiegato e la composizione della miscela permetteranno di ottenere un calcestruzzo di consistenza S4 esente da fenomeni di galleggiamento dell'aggregato leggero. Questa caratteristica verrà controllata

preparando provini alti almeno 20 cm, da rompere alla brasiliana, in modo da poter verificare l'omogeneità dell'aggregato alle varie altezze.

20.8.2 Calcestruzzo leggero non strutturale e cellulare

Questi tipi di conglomerato cementizio, da utilizzare per riempimenti di scavi facilmente rimovibili, strati di coibentazione, ecc.. aventi massa volumica a secco da 300 a 1000 kg/m³, resistenza a compressione da 1 a 10 N/mm² e conducibilità termica massima da 0.085 a 0.15 kcal/mh°C, verranno ottenuti mediante agenti schiumogeni e dosaggi di cemento di almeno 330 kg/m³, di cemento tipo 32.5 o 42.5. Il materiale dovrà avere una resistenza minima di 1 N/mm², e una stabilità ed omogeneità del contenuto d'aria, dal punto di miscelazione fino alla posa in opera.

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

Il calcestruzzo dovrà essere prodotto con attrezzatura automatica dotata di sistema computerizzato per la regolazione della miscelazione e della produzione. In alternativa il calcestruzzo leggero non strutturale si otterrà impiegando come aggregato sferette di polistirolo espanso.

20.9 Calcestruzzo proiettato (CP) (omissis)

20.9.1 Tipi di calcestruzzo proiettato (omissis)

20.9.2 Composizione del calcestruzzo proiettato (omissis)

20.9.3 Qualifica e controlli (omissis)

20.10 Calcestruzzo fibrorinforzato per rivestimenti

Il rivestimento in conglomerato cementizio spruzzato, in relazione alle previsioni di Progetto, potrà essere armato con rete in barre d'acciaio a maglie elettrosaldate o, in alternativa, con fibre d'acciaio.

Le fibre d'acciaio per la confezione del conglomerato armato con fibre dovranno essere realizzate con filo ottenuto per trafilatura d'acciaio a basso contenuto di carbonio, del diametro di 0,5 mm circa, avente tensione di rottura per trazione (f) > di 1.200 MPa e tensione di scostamento dalla proporzionalità avente (fp 0,2) > 900 MPa ed allungamento minimo < del 2,0%; le fibre dovranno essere lunghe 30 mm, rapporto d'aspetto (L/D)= 60 ed avere le estremità sagomate ad uncino.

Le fibre verranno aggiunte all'impianto con adatti dispositivi di distribuzione. Per agevolare l'uniforme distribuzione delle fibre nell'impasto, le stesse dovranno essere preferibilmente confezionate in pacchetti di più fibre affiancate, tra loro unite con speciale collante rapidamente solubile nell'acqua d'impasto e verificando la dispersione omogenea nel calcestruzzo. Ove si riscontrasse l'espulsione delle fibre dall'impasto con la formazione di "palle di fibre", si sospenderà la lavorazione finché l'inconveniente non sia stato eliminato.

La quantità di fibre d'acciaio da impiegare per l'armatura del conglomerato cementizio spruzzato dovrà essere quella prevista in Progetto; le fibre dovranno essere incorporate nel conglomerato già impastato avendo cura che la loro immissione e l'ulteriore miscelazione dell'impasto avvengano immediatamente prima della posa in opera.

il Direttore dei Lavori potrà prescrivere la determinazione del dosaggio delle fibre nel calcestruzzo proiettato fresco o indurito, con il metodo dell'appendice D della UNI 10834

Qualora il conglomerato fosse prescritto dal progettista come fibrorinforzato, il dossier di qualifica della miscela dovrà riportare i valori della resistenza di prima fessurazione e degli indici di duttilità D0 e D1, misurati con il metodo descritto dalla UNI 11039-2. La direzione dei lavori potrà richiedere la verifica di queste caratteristiche in corso d'opera.

L'eventuale rete d'armatura, posta in opera preliminarmente ed inglobata nel conglomerato in fase di proiezione, dovrà essere conforme alle prescrizioni delle presenti Norme. L'operatore dovrà dirigere il getto in modo da evitare la formazione di "ombre", ovvero vuoti tra l'armatura e il substrato.

Qualora la classe di resistenza a 28 d risulti non conforme, sarà applicata una penalità pari al 20% del prezzo unitario al metro cubo sull'intera produzione giornaliera desunta dal giornale dei lavori e/o dai tabulati di stampa prodotti dall'impianto di betonaggio.

Quando gli spessori rilevati dalla misurazione dei prelievi eseguiti in opera, fossero inferiori a quelli minimi previsti, la Direzione Lavori non contabilizzerà la lavorazione fino a che non siano stati ripristinati gli spessori minimi progettualmente richiesti.

20.11 Calcestruzzo ad alta resistenza

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

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

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

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

20.12 Elementi prefabbricati

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

20.12.1 Prefabbricati prodotti in stabilimento

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

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

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

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

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

Sarà facoltà del Direttore dei lavori provvedere direttamente all'esecuzione di controlli sulla resistenza del calcestruzzo usato in produzione, con le stesse

modalità previste per i controlli di accettazione. Inoltre potranno essere eseguite a campione prove di resistenza del calcestruzzo nel manufatto, mediante carotaggio, come previsto al punto 20.5.2.

20.12.2 Produzione di prefabbricati a piè d'opera

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

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

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

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

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

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

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

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

20.13 Protezione catodica delle solette d'impalcato di ponti e viadotti

Di norma la Società provvede direttamente, tramite Appaltatore specializzato, alla fornitura e posa in opera degli impianti per la protezione catodica delle solette d'impalcato di ponti e viadotti.

Qualunque sia la tipologia dell'impianto l'Appaltatore dovrà tenere conto, nei propri programmi di lavoro, dei tempi occorrenti per la loro fornitura e posa in opera e dovrà coordinarsi in tal senso con l'Appaltatore specializzato.

L'Appaltatore, quando espressamente previsto, resta obbligato inoltre a prestare

assistenza alla posa in opera degli impianti.

a cura di:



20.14 Allegato 20.1 Classi di esposizione secondo la UNI 11104

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco		
X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo e disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: in ambiente molto asciutto.	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico.
2 Corrosione indotta da carbonatazione Nota - Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.		
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua.
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta.
XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non compresa nella classe XC2.
3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare		
XD1	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri.
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua anche industriale contenente cloruri (piscine).
XD3	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare		
XS1	Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità.
XS2	Permanentemente sommerso	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immerse in acqua.
XS3	Zone esposte agli spruzzi oppure alla marea	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare.
5 Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti ¹⁾		
XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua.
XF2	Moderata saturazione d'acqua in presenza di agente disgelante	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti.
XF3	Elevata saturazione d'acqua in assenza di agente disgelante	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo.
XF4	Elevata saturazione d'acqua con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto o indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare.

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
6 Attacco chimico**)		
XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contenitori di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche per acque reflue.
XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi.
XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive. Contenitori di foraggi, mangimi e liquami provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi e gas di scarico industriali.
*) Il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione: - moderato: occasionalmente gelato in condizioni di saturazione; - elevato: alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione.		
**) Da parte di acque del terreno e acque fluenti.		

20.15 Allegato20.2 - Guida alla scelta delle classi di esposizione per manufatti autostradali

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

	q. s.l.m. > 400 ml o in presenza di cicli gelo/disgelo	XF2	Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte a gelo e nebbia di agenti antigelo	30 Mpa con aerante
Barriere e parapetti	q. s.l.m. ≤ 400 ml senza cicli gelo/disgelo	XC4	Ciclicamente bagnato e asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2	40 Mpa
	Strutture costiere	XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture prossime oppure sulla costa	40 Mpa
	q. s.l.m. > 400 ml in presenza di cicli gelo/disgelo	XF2	Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte a gelo e nebbia di agenti antigelo	30 Mpa con aerante

Muri di sostegno, sottoscarpa e controripa	q. s.l.m. \leq 400 ml senza cicli gelo/disgelo	XC4	Ciclicamente bagnato e asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2	40 Mpa
	Ambiente aggressivo	XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi	40 Mpa
	Strutture costiere	XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture prossime oppure sulla costa	40 Mpa
	q. s.l.m. $>$ 400 ml o in presenza di cicli gelo/disgelo	XF2	Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte a gelo e nebbia di agenti antigelo	30 Mpa con aerante
Tombini scatolari	q. s.l.m. \leq 400 ml senza cicli gelo/disgelo	XC4	Ciclicamente bagnato e asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2	40 Mpa
	Ambiente aggressivo	XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo	-	40 Mpa
	q. s.l.m. $>$ 400 ml o in presenza di cicli gelo/disgelo	XF1	Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo	40 Mpa
Cunette, cordoli, pavimentazioni	q. s.l.m. \leq 400 ml senza cicli gelo/disgelo	XC4	Ciclicamente bagnato e asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella	40 Mpa

				classe di esposizione XC2	
	q. s.l.m. > 400 ml o in presenza di cicli gelo/disgelo	XF4	Elevata saturazione d'acqua, con agente antigelo oppure acqua di mare	Strade e impalcati da ponte esposti agli agenti antigelo. Superfici orizzontali di calcestruzzo esposte direttamente a nebbia contenente agenti antigelo e al gelo.	35 Mpa con aerante
	Ambiente aggressivo	XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi	40 Mpa
Imbocchi di gallerie naturali e artificiali (primi 50 ml dall'imbocco)	q. s.l.m. ≤ 400 ml senza cicli gelo/disgelo	XC4	Ciclicamente bagnato e asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2	40 Mpa
	q. s.l.m. > 400 ml o in presenza di cicli gelo/disgelo	XF2	Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte a gelo e nebbia di agenti antigelo	30 Mpa con aerante
Rivestimenti di gallerie naturali e artificiali (con guaina) esclusi i 50 ml dagli imbocchi	Ambiente aggressivo	XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo	-	35 Mpa
	Ambiente umido	XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità relativa dell'aria moderata oppure elevata.	35 Mpa

				Calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia.	
CP e rivestimenti di gallerie naturali e artificiali (senza guaina) esclusi i 50 ml dagli imbocchi	Ambiente aggressivo	XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo	-	35 Mpa
	Ambiente aggressivo	XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo	-	40 Mpa
	Ambiente aggressivo	XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo	-	45 Mpa
Arco rovescio di gallerie	Ambiente aggressivo	XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo	-	35 Mpa
	Ambiente aggressivo	XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo	-	40 Mpa
	Ambiente aggressivo	XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo	-	45 Mpa
	Ambiente umido	XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità relativa dell'aria moderata oppure elevata. Calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia.	35 Mpa
Fondazioni armate e non armate (plinti, pali, diaframmi, ..)	Ambiente bagnato	XC2	Bagnato, raramente asciutto	Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo. Molte fondazioni	30 Mpa
	Ambiente aggressivo	XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo	-	35 Mpa

	Ambiente aggressivo	XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo	-	40 Mpa
	Ambiente aggressivo	XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo	-	45 Mpa
Magroni di pulizia, riempimento, livellamento	-	X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, abrasione o attacco chimico. Per calcestruzzo con armatura o inserti metallici: molto asciutto.	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria molto bassa	15 Mpa

Art. 21 **Conglomerati cementizi fibrorinforzati**

21.1 - Materiale

Calcestruzzo fibrorinforzato (FRC Fiber Reinforced Concrete) con fibre metalliche, reoplastico, autocompattante, antiritiro, anticorrosione ad elevata resistenza, a stabilità volumetrica e ritiro compensato avente $R_{ck} > 65$ MPa e resistenza alla flessotrazione equivalente $f_{eq(0.6-3.0)} > 9.0$ MPa, avente caratteristiche e prestazioni come di seguito indicato:

- densità: 2450 Kg/m³
- rapporto A/C: < 0.30
- consistenza: S5/SCC
- resistenza a compressione (EN 12190): 1g ≥ 35 MPa, 28gg ≥ 35 MPa
- resistenza a flessione (EN 196-1): 1g ≥ 6 MPa, 28gg ≥ 13 MPa
- resistenza a flessotrazione equivalente (EN 11039): $f_{eq(0.6-3.0)} \geq 9.0$ MPa
- ritiro idrometrico (90 gg all'aria): $\leq 0.015\%$
- modulo elastico (EN 13412): 36 GPa
- adesione al cls (EN 1504-3, trazione diretta EN 1542): > 3 MPa
- compatibilità termica gelo/disgelo (EN 13687-1): > 2 MPa
- assorbimento capillare (EN 13057): ≤ 0.25 Kg x m⁻² x h^{-0.5}
- profondità di carbonatazione: ≤ 0.5 mm (25 anni)

Il conglomerato cementizio fibrorinforzato è dosato secondo il seguente schema:

Componente A (POLVERE) :

Compound in polvere di selezionati leganti cementizi, microsilici reattivi, additivi multifunzionali (stabilità volumetrica, reodinamicità, inibitori di corrosione, altri): dosaggio ≥ 550 Kg/m³;

Componente B (LIQUIDO) :

Additivazione polivalente con funzioni superfluidificanti da formulati polycarbossilati speciali (riduzione nanometrica del ritiro idrometrico ed autogeno, reodinamicità): dosaggio ≥ 18 Kg/m³;

Componente C (FIBRE) :

Fibre di acciaio ad altissima resistenza a trazione ($>2800 \text{ N/mm}^2$), diam. 175 μ , $l = 15 \text{ mm}$: dosaggio = 40 Kg/m^3 ;

(o equivalenti al fine dell'ottenimento delle prestazioni meccaniche richieste in funzione delle dimensioni e tipologia dei getti).

Componente D (AGGREGATO) :

Aggregati selezionati di alta qualità aventi granulometria compresa nell'intervallo 0-6mm: dosaggio $\geq 1800 \text{ Kg/m}^3$;

Componente E (ACQUA) :

Acqua attiva ($A/C \leq 0.30$): dosaggio $\leq 150 \text{ Kg/m}^3$.

15.2 - Messa in opera del conglomerato

Nel seguito sono riportate le indicazioni specifiche per l'esecuzione degli elementi strutturali di calcestruzzo fibrorinforzato.

15.3 - Composizione della miscela

(1) La scelta dei componenti e del loro dosaggio nella miscela, oltre che con riferimento alle proprietà meccaniche di resistenza attese per il calcestruzzo fibrorinforzato indurito, può essere fatta con riferimento al tipo ed alla geometria specifica dell'elemento strutturale da realizzare.

(2) In particolare, la lunghezza delle fibre e la dimensione massima dell'aggregato devono essere correlate tra loro per garantire una uniforme ed efficiente distribuzione delle fibre. A tal fine la dimensione massima dell'aggregato non deve essere superiore a 0.5 volte la lunghezza delle fibre.

(3) Per ridurre il rischio di una eventuale agglomerazione di fibre, per l'aggregato deve essere adottata una granulometria continua.

(4) Per assicurare una completa ed uniforme distribuzione delle fibre, la loro lunghezza va correlata alle dimensioni minime (spessori) dell'elemento strutturale da realizzare.

(5) Le scelte effettuate in sede di mix design, preventivamente all'esecuzione, al fine di ottenese le prestazioni attese, dovranno essere testate e avallate secondo quanto previsto al paragrafo 7.

15.4 - Posa delle armature

(1) Per quanto concerne l'assemblaggio ed il posizionamento delle armature tradizionali si deve procedere nel rispetto della Normativa vigente.

(2) Particolare attenzione va posta alla presenza di armature ortogonali alla direzione del getto, le quali possono ostacolare il regolare flusso del calcestruzzo fresco all'interno della cassaforma.

Prevedendo tale eventualità già in fase di progettazione della miscela e di esecuzione della carpenteria metallica, occorre evitare che tali impedimenti compromettano l'omogeneità di distribuzione delle fibre.

15.5 - Dimensioni minime

Salvo particolari specifiche, la lunghezza della fibra, l_f , la dimensione massima dell'aggregato, d_a , e il diametro di armatura, ϕ , sono definiti in funzione dello spessore dell'elemento strutturale da realizzare, t , come di seguito specificato.

Il valore minimo del copriferro netto è correlato a quello previsto dalla Normativa vigente per le strutture di calcestruzzo non fibrorinforzato.

15.5.1 - Spessore minimo relativo

(1) Fissato lo spessore dell'elemento strutturale, t , si definiscono i limiti geometrici delle fibre che possono essere adottate all'interno della miscela, fermo restando le prestazioni meccaniche attese:

- valore minimo locale: $t \geq 2.0 \cdot d_a$;
- sezioni senza armatura o con unico strato di armatura: $t \geq 2.4 \cdot d_a$;
- sezioni con più strati di armatura: $t \geq 4.0 \cdot d_a$.

15.5.2 - Spaziatura di armature e copriferro minimi

(1) I valori minimi della spaziatura netta tra le barre, al variare del tipo di armatura, sono riportati in Tabella 5-1, dipendentemente della geometria della fibra scelta.

Tabella 5-1 - Valori minimi dell'interferro al variare del tipo di armatura.

Tipo di armatura	Interferro netto
staffe e reti	$\geq 1.6 \cdot d_a$ $\geq 0.8 \cdot l_f$
barre	$\geq 1.0 \cdot d_a$ $\geq 1.0 \cdot \phi$ $\geq 0.8 \cdot l_f$
cavi pretesi	$\geq 1.2 \cdot d_a$ $\geq 2.0 \cdot \phi$ $\geq 1.0 \cdot l_f$

(2) La dimensione del copriferro netto per le barre di armatura in elementi di calcestruzzo fibrorinforzato può essere assunto, in valore minimo, pari all'80% dell'analogo valore indicato nella Normativa vigente per le strutture di calcestruzzo armato ordinario; si consiglia tuttavia di mantenere gli spessori previsti nel caso di conglomerato ordinario.

15.6 - Esecuzione dei getti

(1) Per quanto concerne le specifiche delle casseforme e dei loro trattamenti superficiali, dei sistemi di supporto e delle fondazioni, si deve fare riferimento alla Normativa vigente.

(2) Il calcestruzzo fibrorinforzato deve essere prodotto seguendo le stesse modalità di confezione dei conglomerati cementizi ordinari ad eccezione di quanto deriva dall'introduzione delle fibre.

(3) Al fine di garantire l'uniformità dell'impasto, si deve valutare, in funzione delle esigenze specifiche, lo stato delle fibre (sfuse, impacchettate con colle idrosolubili) prima del loro inserimento nella matrice. In particolari situazioni può risultare necessario l'uso di sistemi per la setacciatura delle stesse (sbrogliatori).

(4) L'impasto fresco deve essere posato in modo che ne sia garantita una buona compattazione e omogeneità, affinché le sue caratteristiche nominali e strutturali di progetto possano essere attinte.

Si deve pertanto porre attenzione alla durata di una eventuale vibrazione ed alla modalità di esecuzione (a banco, esterna), al fine di evitare la segregazione delle fibre, che comprometterebbe la loro uniforme distribuzione.

(5) Particolare cura deve essere posta in corrispondenza delle armature, degli inserti, dei volumi ridotti e delle riprese di getto.

15.7 - Collaudo e controlli di produzione

15.7.1 - Controllo pre-produzione

Al fine di verificare in sede preliminare le prestazioni meccaniche della miscela in funzione della tipologia e geometria delle fibre metalliche adottate, dovranno essere confezionati almeno n°2 provini per ogni 20 mc di getto da eseguire e comunque almeno n°4 provini totali, preventivamente a tutte le operazioni, che dovranno essere oggetto di prove meccaniche secondo quanto indicato in paragrafo 7.3 al fine di validare i valori di resistenza di picco del materiale ed al fine del necessario benessere preventivo alla produzione e successiva posa in opera.

15.7.2 - Collaudo

(1) Per elementi strutturali di calcestruzzo fibrorinforzato nelle cui verifiche di resistenza interviene il contributo delle fibre, devono essere previste opportune prove di carico al fine di validare le ipotesi di progetto. Tali prove devono riguardare tutti i tipi di elementi realizzati e, ove possibile, per ogni tipo, l'elemento più sollecitato.

Le prove devono essere svolte preliminarmente; in alternativa, esse possono essere svolte in sede di collaudo finale. In ogni caso, il carico applicato deve produrre sollecitazioni pari ad almeno 1.2 volte quelle previste nelle condizioni di esercizio.

Il collaudo è da considerarsi positivo se il comportamento sperimentale corrisponde alle ipotesi progettuali.

15.7.3 - Controlli di produzione per applicazioni tipo A (vedi CNR DT-204/2006)

(1) Oltre alle prove ed ai controlli previsti dalle norme di riferimento per le strutture di calcestruzzo armato ordinario, la produzione di elementi strutturali di calcestruzzo fibrorinforzato va sottoposta ad ulteriori controlli specifici che assicurino la conformità dei prodotti ai requisiti di funzionalità, durabilità e resistenza richiesti.

I controlli aggiuntivi di produzione, realizzati sotto la responsabilità del direttore dei lavori, sono riportati in Tabella 0-2.

Tabella 0-2 - **Prove durante la produzione.**

a cura di:

Oggetto	Proprieta'	Metodo	Frequenza	Registrazion e
FRC fresco	corretta miscelazione	ispezione visiva [v. UNI EN 206-1 2001]	ogni giorno di getto di miscela omogenea	apposito modulo
FRC fresco	contenuto di fibre	*peso dopo separazione fibre-matrice [v. CEN prEN 14721 2004]	ogni 50 m ³ di getto di miscela omogenea o almeno due controlli al giorno	apposito modulo
FRC indurito	resistenza prima fessurazione	Appendice A	Appendice B	apposito modulo
FRC indurito	resistenze equivalenti	Appendice A	Appendice B	apposito modulo

(*) valida solo per le fibre metalliche (per le fibre di altro tipo occorre mettere a punto modalità specifiche).

(2) Per i manufatti per i quali la distribuzione omogenea delle fibre risulta una caratteristica peculiare, è previsto il controllo del contenuto di fibre sul calcestruzzo indurito.

Per manufatti realizzati con fibre metalliche, il controllo è effettuato mediante microcarotaggi e pesatura dopo la separazione della matrice dalle fibre, secondo la norma CEN prEN 14721.

Per manufatti realizzati con altri tipi di fibre vanno disposte apposite procedure.

15.7.4 - Controlli di produzione per applicazioni tipo B (vedi CNR DT-204/2006)

(1) Per le applicazioni di tipo B (vedere § **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** di CNR DT-204/2006), in aggiunta a quanto specificato al § 7.2, è richiesto che:

- le prove di carico previste al § 7.1 debbano essere condotte preliminarmente su almeno 2 manufatti fino alla rottura, per verificarne la corrispondenza con le ipotesi progettuali;
- la produzione debba avvenire in un sistema di qualità certificato da un ente terzo notificato.

APPENDICI

(ESTRATTE DA CNR-DT204/2006, a cui si rimanda per i riferimenti ai paragrafi)

APPENDICE A (SULLA RESISTENZA A TRAZIONE: IDENTIFICAZIONE DEI PARAMETRI COSTITUTIVI)

MATERIALI degradanti a trazione IDENTIFICATI CON PROVE DI FLESSIONE

Modello elastico lineare

Il modello elastico lineare individua due valori di riferimento, f_{Fts} e f_{Ftu} , sulla base del comportamento allo SLE ed allo SLU.

Essi possono essere definiti sulla base di valori equivalenti delle resistenze a flessione mediante le seguenti relazioni:

$$f_{Fts} = 0.45 \cdot f_{eq1}, \quad (3.1)$$

$$f_{Ftu} = k \cdot \left[f_{Fts} - \frac{w_u}{w_{i2}} \cdot (f_{Fts} - 0.5 \cdot f_{eq2} + 0.2 \cdot f_{eq1}) \right] \geq 0, \quad (3.2)$$

dove:

- f_{eq1} e f_{eq2} sono, rispettivamente, le resistenze equivalenti post-fessurazione significative per lo stato limite di esercizio e per lo stato limite ultimo (Figura 0-1a);
- k è un coefficiente da assumersi pari a 0.7 per sezioni interamente tese e pari a 1 negli altri casi;
- w_{i2} è il valore medio delle aperture delle fessure corrispondenti agli estremi dell'intervallo in cui è valutato f_{eq2} (Figura 0-1).

Le equazioni (3.1) e (3.2) sono ancora valide qualora si considerino i valori puntuali f_1 ed f_2 , purché si assuma per w_{i2} il valore superiore dell'intervallo considerato (CTOD₂).

Le suddette relazioni sono ricavabili sulla base di semplici considerazioni di equilibrio applicate alla sezione rettangolare inflessa, che corrisponde alla sezione critica del provino sperimentato.

In particolare, l'equazione (3.1) può essere ricavata supponendo che, per valori contenuti di apertura della fessura, tipici della situazione di esercizio ($w \leq 0.6$ mm), valgano le seguenti ipotesi:

- sezioni piane;
- comportamento del materiale elasto-plastico a trazione (con valore massimo pari a f_{Fts} ; Figura 0-2a);
- comportamento del materiale elastico lineare a compressione.

Se si scelgono come incognite la tensione f_{Fts} e la curvatura χ in corrispondenza della sezione critica e si assume lo stesso modulo di elasticità a trazione e a compressione, si può agevolmente risolvere il successivo sistema (3.4) ipotizzando al lembo teso il seguente valore della deformazione:

$$\varepsilon_{F1} = \frac{w_{i1}}{l_{cs}}, \quad (3.3)$$

dove:

- w_{i1} è il valore medio delle aperture di fessura (CTOD₀ e CTOD₁);
- l_{cs} è l'altezza critica della sezione del provino, ovvero l'altezza h del provino al netto dell'intaglio (Figura 0-3).

Il sistema è il seguente:

$$\begin{aligned} N &= 0, \\ M(\varepsilon_{F1}) &= \frac{f_{eq1} \cdot b \cdot h^2}{6}. \end{aligned} \quad (3.4)$$

Per altezze di sezione critica variabili tra 40 mm e 150 mm, il valore della costante che correla f_{Fts} ad f_{eq1} risulta prossimo al numero 0.45 proposto.

La (3.2) è ottenuta ipotizzando un legame lineare tra i punti di ascissa w_{i1} e w_{i2} , esteso fino al punto di ascissa w_u (Figura 0-2b). Il valore di tensione relativo all'apertura w_{i2} si ricava sulla base dell'equilibrio alla rotazione (equazione (3.5)), assumendo che la risultante delle compressioni, C , sia applicata alla fibra di estradosso (Figura 0-2b) e che il comportamento a trazione sia del tipo rigido-lineare:

$$M(\epsilon_{F2}) = \frac{f_{eq2} \cdot b \cdot h^2}{6} \cdot \epsilon_{F2} \quad (3.5)$$

Il valore di $\epsilon_{F2} = w_{i2}/l_{cs}$ fa riferimento al valore medio dell'intervallo di apertura di fessura assunto per la definizione del valore f_{eq2} .

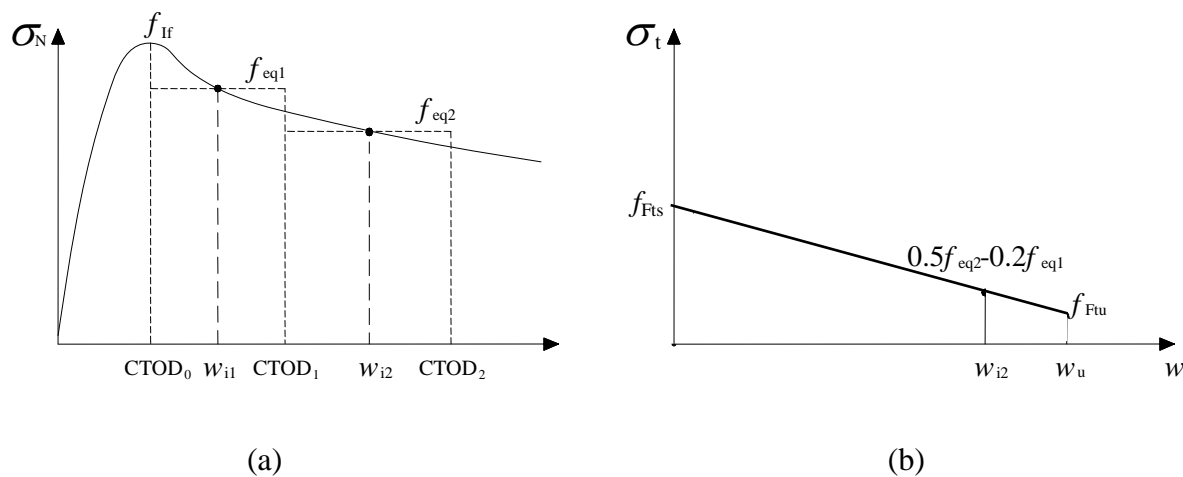


Figura 0-1 -Valori delle resistenze a trazione determinati sulla base dei risultati della prova di flessione per materiali degradanti.

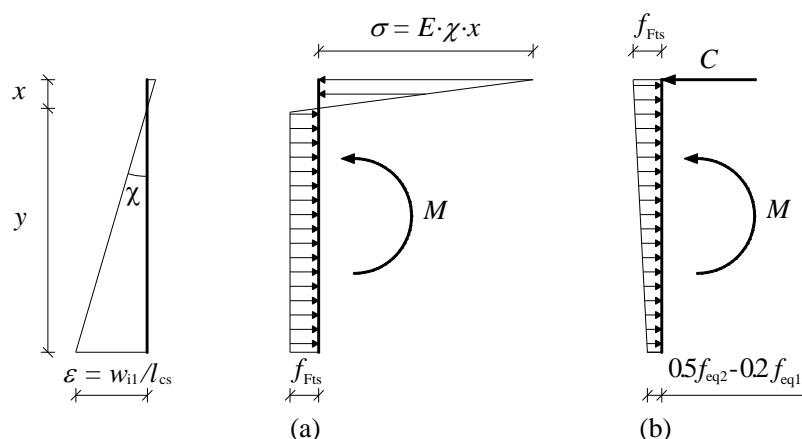


Figura 0-2 - Diagrammi tensionali per la determinazione della resistenza a trazione.

Modello rigido-plastico

Il modello rigido-plastico individua un unico valore di riferimento, f_{Ftu} , sulla base del comportamento ultimo. Tale valore si calcola come:

$$f_{Ftu} = \frac{f_{eq2}}{3} \tag{3.6}$$

L'equazione (3.6) si ricava, sempre con riferimento allo SLU, imponendo l'equilibrio alla rotazione come nel caso precedente, ma tenendo conto di un diagramma di sforzi di trazione costante:

$$M_u = \frac{f_{eq2} \cdot b \cdot h^2}{6} = \frac{f_{Ftu} \cdot b \cdot h^2}{2} \tag{3.7}$$

Provino intagliato (secondo la norma UNI 11039)

Nel caso di prova a flessione su quattro punti, secondo lo standard UNI 11039, i valori caratteristici delle resistenze equivalenti, f_{eq1k} e f_{eq2k} , sono valutati negli intervalli $0 \leq w \leq 0.6$ mm e $0.6 \leq w \leq 3.0$ mm. Pertanto, adottando la simbologia della norma UNI 11039, si assume:

$$f_{eq1k} = f_{eq(0-0.6)k} \tag{3.8}$$

$$f_{eq2k} = f_{eq(0.6-3.0)k} \cdot \quad (3.9)$$

Tali resistenze equivalenti corrispondono, rispettivamente, ad aperture di fessura w_{i1} pari a 0.3 mm e w_{i2} pari a 1.8 mm, corrispondenti ai valori medi negli intervalli selezionati.

Nel caso in esame, per tener conto della presenza dell'intaglio (Figura 0-3), il valore della resistenza a trazione, f_{Ft} (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), può essere assunto pari a 0.9 volte il valore di prima fessurazione desunto dalla prova sperimentale.

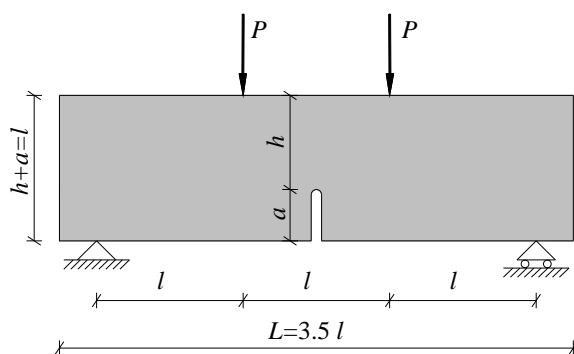


Figura 0-3 - Prova di flessione a quattro punti su provino intagliato.

Provino strutturale non intagliato (secondo la norma UNI U73041440)

Per strutture inflesse con altezza di sezione inferiore a 150 mm, oppure per comportamenti a flessione di tipo incrudente, risulta vantaggioso operare il processo di identificazione delle proprietà del materiale tenendo conto della direzione del getto e del ridotto spessore della struttura senza intagliare i campioni sperimentali. Nel caso specificato, i valori caratteristici delle resistenze equivalenti, f_{eq1k} e f_{eq2k} , sono valutati negli intervalli

$3 \cdot w_I \leq w \leq 5 \cdot w_I$ e $0.8 \cdot w_u \leq w \leq 1.2 \cdot w_u$, dove w_I rappresenta l'apertura di fessura corrispondente alla fessurazione, calcolato in corrispondenza del carico massimo registrato durante la prova nell'intervallo $0 \leq w \leq 0.1$ mm. Per l'apertura ultima di fessura, w_u , si assume un valore pari a 3 mm. Adottando la simbologia della norma UNI U73041440, risulta:

$$f_{eq1k} = f_{1tFk} \cdot \quad (3.10)$$

$$f_{eq2k} = f_{Ftk} \cdot \quad (3.11)$$

Tali resistenze equivalenti corrispondono, rispettivamente, ad aperture di fessure pari a $w_{i1} = 4 \cdot w_I$ e $w_{i2} = w_U$.

Il valore della resistenza a trazione, f_{Ft} (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), può essere calcolato sulla base di quello di prima fessurazione, $f_{ct,exp}$, desunto dalla prova sperimentale:

$$f_{Ft} = \frac{f_{ct,exp}}{\beta(h)} \cdot \quad (3.12)$$

$$\beta(h) = \frac{25 + 2 \cdot h^{0.7}}{2 \cdot h^{0.7}} \quad [\text{mm}] \cdot \quad (3.13)$$

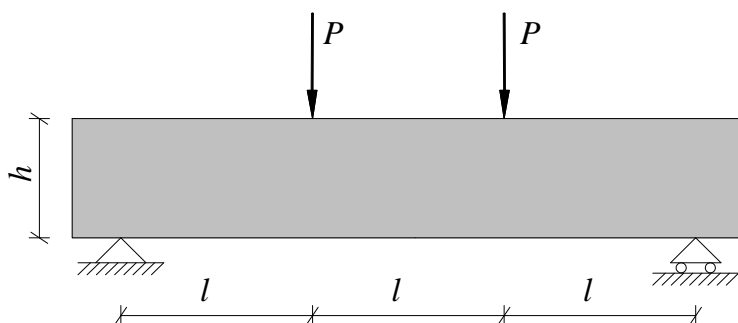


Figura 0-4 - Prova di flessione a quattro punti su provino "strutturale".

MATERIALI IDENTIFICATI CON PROVE DI TRAZIONE

I parametri costitutivi del modello elastico-lineare e del modello rigido-plastico (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), possono essere identificati con prove di trazione uniassiale.

In tal caso le resistenze nominali sono definite direttamente dal rapporto tra carico applicato e area della sezione trasversale del provino.

Il due valori di riferimento, f_{Fts} ed f_{Ftu} , per il modello elastico lineare possono essere definiti sulla base dei valori equivalenti per il tramite delle seguenti relazioni:

$$f_{Fts} = f_{eq1} , \quad (3.14)$$

$$f_{Ftu} = f_{Fts} - \frac{w_u}{w_{i2}} \cdot (f_{eq1} - f_{eq2}) . \quad (3.15)$$

Provino intagliato (secondo la norma UNI U73041440)

I materiali con comportamento degradante possono essere caratterizzati mediante l'esecuzione di una prova a trazione uniassiale su provino intagliato, secondo la norma UNI U73041440. I valori caratteristici delle resistenze equivalenti, f_{eq1k} e f_{eq2k} , sono valutati negli intervalli $3 \cdot w_I \leq w \leq 5 \cdot w_I$ e $0.8 \cdot w_u \leq w \leq 1.2 \cdot w_u$. Il valore w_I rappresenta l'apertura di fessura corrispondente alla fessurazione, calcolata in corrispondenza del carico massimo registrato durante la prova nell'intervallo $0 \leq w \leq 0.05$ mm. Per l'apertura ultima di fessura, w_u , si assume un valore pari a 1.5 mm.

Pertanto, adottando la simbologia della norma UNI U73041440, risulta:

$$f_{eq1k} = f_{1tk} , \quad (3.16)$$

$$f_{eq2k} = f_{Ftk} . \quad (3.17)$$

Tali resistenze equivalenti corrispondono rispettivamente ad aperture di fessure pari a $w_{i1} = 4 \cdot w_I$ e $w_{i2} = w_u$, ovvero ai valori medi negli intervalli selezionati.

Il valore della resistenza a trazione, f_{Ft} (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), può essere calcolato sulla base di quello di prima fessurazione desunto dalla prova sperimentale e corrispondente al valore di apertura di fessura, w_I .

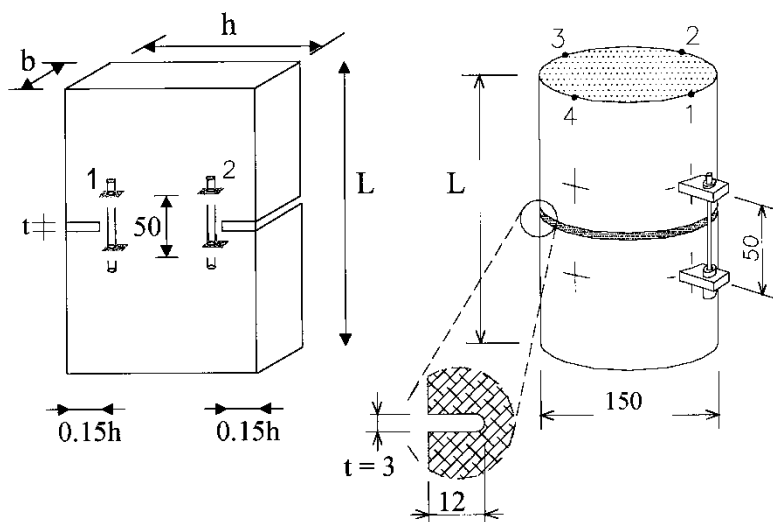


Figura 0-5 - Prova di trazione diretta su provino intagliato (misure in mm).

Provino non intagliato

Per comportamento incrudente, la caratterizzazione del materiale può essere sviluppata con prova a trazione uniassiale su provino non intagliato con le modalità descritte nell'Appendice C.

In tal caso il parametro w caratterizza lo spostamento relativo su una base di misura prefissata (Appendice C).

I valori caratteristici delle resistenze equivalenti, f_{eq1k} e f_{eq2k} , sono valutati negli intervalli $3 \cdot w_I \leq w \leq 5 \cdot w_I$ e $0.8 \cdot w_u \leq w \leq 1.2 \cdot w_u$. Il valore w_I rappresenta lo spostamento relativo corrispondente alla fessurazione, calcolato in corrispondenza del carico massimo registrato durante la prova nell'intervallo $0 \leq w \leq 0.05$ mm. Il valore ultimo di w_u corrisponde ad una deformazione media dell'1% (Capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, § **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) e, pertanto, è pari a 0.01 volte la lunghezza della base di misura.

Le resistenze equivalenti, f_{eq1k} e f_{eq2k} , corrispondono, rispettivamente, a spostamenti relativi pari a: $w_{i1} = 4 \cdot w_I$ e $w_{i2} = w_u$.

APPENDICE B (SUL CONTROLLO E SUI CRITERI DI CONFORMITÀ)

Il controllo di conformità viene sviluppato con modalità differenti per materiali degradanti e incrudenti.

Per i materiali degradanti possono essere eseguite sia prove di flessione su provini intagliati o non intagliati, sia prove di trazione su provino

intagliato. Il controllo di conformità su materiali incrudenti deve essere effettuato con prove di trazione uniassiale su provino non intagliato.

Per i materiali incrudenti, nel caso di produzioni continuative, è possibile effettuare il controllo di conformità mediante prove a flessione così come specificato in Appendice C, dopo aver stabilito la correlazione tra tali prove e quelle a trazione diretta su provino non intagliato. Queste ultime devono essere effettuate ad intervalli non superiori a sei mesi e comunque in occasione di ogni modifica significativa del processo produttivo.

I criteri di campionamento di calcestruzzi fibrorinforzati utilizzati per scopi strutturali sono quelli indicati dalla Normativa vigente per la resistenza a compressione del calcestruzzo ordinario.

Allo stesso modo, la resistenza a compressione viene determinata con i medesimi criteri indicati dalla Normativa vigente per il calcestruzzo non rinforzato.

Prove di flessione su materiale classificato degradante

Il controllo di conformità sul materiale deve essere eseguito in accordo alla norma UNI 11039 per provino intagliato, o in accordo alla norma UNI U73041440 per provino strutturale non intagliato o ad altre normative internazionali.

La conformità con i valori caratteristici della resistenza di prima fessurazione, f_{Rt} , e delle resistenze equivalenti per flessione del fibrorinforzato, f_{eq1} e f_{eq2} , deve essere verificata distinguendo tra il controllo di tipo A e quello di tipo B (Tabella 0-3).

Le relazioni tra i parametri f_{Rt} , f_{eq1} , f_{eq2} e quelli specifici introdotti nelle varie modalità di prova sono indicate in Appendice A.

Tabella 0-3 - Valori minimi da garantire nel controllo di conformità.

Produzione	Numero n di risultati di prova	Criterio 1	Criterio 2
		Media di n risultati x_j \bar{x} [MPa]	Ogni singolo risultato di prova x_j [MPa]
controllo tipo A	≥ 3	$\geq x_k + \Delta$	$\geq x_k - \Delta$
	6	$\geq x_k + 1.87 \cdot \sigma$	
	7	$\geq x_k + 1.77 \cdot \sigma$	

controllo tipo B	8	$\geq x_k + 1.72 \cdot \sigma$	$\geq x_k - \Delta$
	9	$\geq x_k + 1.67 \cdot \sigma$	
	10	$\geq x_k + 1.62 \cdot \sigma$	
	11	$\geq x_k + 1.58 \cdot \sigma$	
	12	$\geq x_k + 1.55 \cdot \sigma$	
	13	$\geq x_k + 1.52 \cdot \sigma$	
	14	$\geq x_k + 1.50 \cdot \sigma$	
	15	$\geq x_k + 1.48 \cdot \sigma$	

Nella Tabella 0-3:

- σ denota lo scarto quadratico medio;

- Δ vale 0.5 con riferimento al parametro f_{Ft} e 0.2 con riferimento ai parametri f_{Eq1} , f_{Eq2} .

Nell'eventualità che nel calcolo si assumano legami costitutivi multilineari, o si faccia riferimento ad altre normative di caratterizzazione, il controllo di conformità deve essere eseguito sui parametri di resistenza equivalente per flessione assunti come dati di riferimento, con procedure analoghe a quella sopra indicata.

APPENDICE C (SULLE PROVE DI CARATTERIZZAZIONE MECCANICA PER MATERIALI INCRUDENTI)

Prova di trazione

I parametri strutturali caratterizzanti il comportamento a trazione possono essere determinati mediante una prova di trazione diretta su provino non intagliato, in accordo con quanto descritto nel seguito o nelle specifiche normative internazionali.

La prova è finalizzata alla determinazione della curva tensione-deformazione ed in particolare della resistenza di prima ed ultima fessurazione e delle corrispondenti deformazioni, come specificato nel § **Errore. L'origine**

a cura di:

riferimento non è stata trovata..

Preparazione del provino

Il provino ha dimensioni e geometria indicate in Figura 0-6 (lunghezza totale: 330 mm). Lo spessore, t_p , del provino deve essere maggiore di 5 volte il massimo diametro dell'aggregato ed in ogni caso non inferiore a 13 mm. La larghezza, b_p , deve essere maggiore di 5 volte il massimo diametro dell'aggregato ed in ogni caso non inferiore a 30 mm.

Esso può essere ottenuto per taglio dell'elemento strutturale oppure gettato contemporaneamente in forma separata con le stesse modalità e la stessa giacitura dell'elemento strutturale.

Nel caso sia gettato in forma separata, il provino deve essere maturato con le medesime modalità dell'elemento strutturale.

Apparecchiatura di prova

La macchina di prova deve essere conforme alla norma CEN-EN-12390-4 per quanto riguarda i seguenti punti:

- misura della forza;
- accuratezza della indicazione della forza;
- frequenza della taratura;
- sicurezza.

La macchina di prova deve essere dotata di idoneo dispositivo che permetta di effettuare le prove in controllo di spostamento.

Il provino viene afferrato mediante opportuni morsetti in corrispondenza delle due estremità ingrossate, adottando eventuali accorgimenti per diffondere la pressione locale. I morsetti devono essere liberi di ruotare in tutte le direzioni.

La misura del carico deve essere effettuata mediante un sistema caratterizzato da un errore relativo contenuto entro il $\pm 1\%$, un errore di ripetitività inferiore all'1%, un errore sul fondo scala inferiore a $\pm 0.2\%$ ed una risoluzione della macchina inferiore allo 0.5%.

L'apparato misura lo spostamento relativo tra due punti distanti 80 mm in almeno

2 posizioni contrapposte, come illustrato in Figura 0-7.

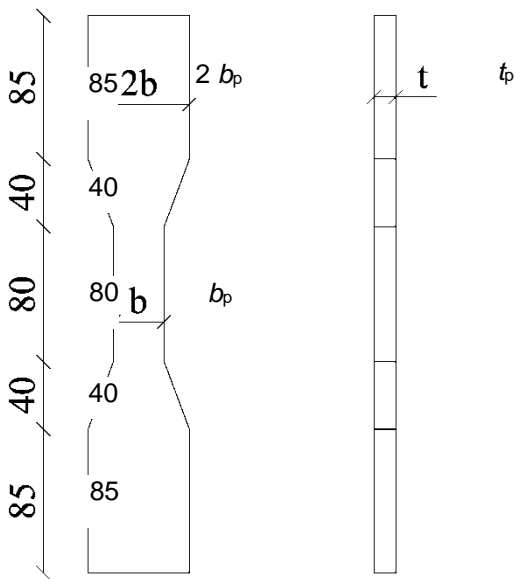


Figura 0-6 - Geometria del provino
 (misure in mm).

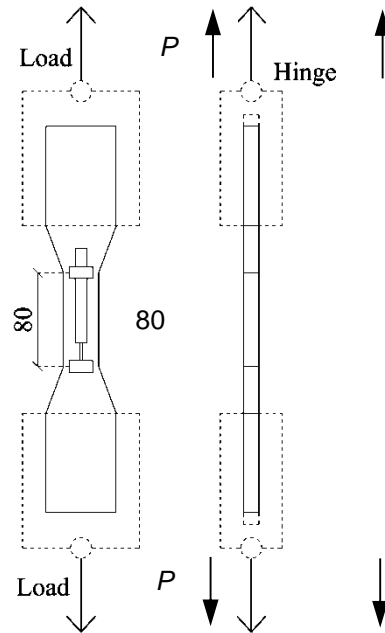


Figura 0-7 - Strumentazione per la
 prova di trazione (misure in mm).

Procedura di carico

La prova di trazione deve essere effettuata in controllo di spostamento dell'attuatore o eventualmente dei punti di riferimento per la misura dello spostamento relativo. Il parametro di controllo deve essere aumentato con una velocità costante pari a 0.05 ± 0.01 mm/min. Il carico ed i valori di spostamento devono essere registrati con continuità su supporto magnetico. La prova può essere terminata in corrispondenza di un valore dello spostamento relativo medio non minore di 0.8 mm.

Si deve determinare la curva tensione nominale-deformazione dividendo il carico per l'area della sezione nominale e lo spostamento relativo per la lunghezza della base di misura, pari a 80 mm.

Prova di flessione

La prova di flessione può essere utilizzata solo per il controllo di conformità in alternativa alla prova di trazione, previa esecuzione di quest'ultima e relativa determinazione dei parametri di correlazione.

I parametri strutturali di resistenza a flessione possono essere determinati mediante una prova di flessione su quattro punti su provino non intagliato o su provino intagliato in analogia a quanto indicato per i materiali degradanti

Art. 22 Iniezione nei cavi di precompressione (omissis)

Art. 23 Ripristino/adequamento d'elementi strutturali in conglomerato cementizio

23.1 Materiali per il ripristino di superfici degradate

23.1.1 Generalità

Si terrà presente, in linea generale, che scopo prioritario del ripristino delle strutture in conglomerato cementizio è ricreare la sagoma di progetto del manufatto in corrispondenza dei punti degradati garantendo:

- monoliticità tra il vecchio calcestruzzo ed il materiale con cui viene eseguito il ripristino;
- resistenza agli agenti aggressivi dell'ambiente d'esercizio.

Per prolungare la vita utile della struttura sarà indispensabile garantire agli interventi di ripristino la massima durabilità, per questo si farà costante riferimento alla UNI EN 1504-9 ed in particolare sarà necessario:

- verificare, prima dell'inizio dei lavori, che i materiali proposti dall'impresa rispettino le specifiche prestazionali richieste;
- eseguire controlli sia in fase preliminare, che in corso d'opera, che sulle opere finite.

23.1.2 Definizione dei materiali per il ripristino

I materiali per il ripristino/adequamento sono suddivisi nelle seguenti categorie:

- **leganti, malte, betoncini e calcestruzzi a base cementizia aventi caratteristiche espansive:** questi prodotti sono certamente i più

diffusi negli interventi di restauro; il loro requisito fondamentale è l'espansione contrastata¹ in aria che è caratteristica essenziale per garantire monoliticità tra vecchia struttura e materiale di ripristino, la loro scelta deriva inoltre dall'omogeneità di caratteristiche rispetto al calcestruzzo di supporto, dall'elevatissima durabilità (resistenza agli aggressivi ambientali ed alla carbonatazione), dalle prestazioni meccaniche e dalla facilità di applicazione;

- **malte cementizie polimero modificate:** tali malte garantiscono monoliticità con il supporto grazie alla capacità di adesione del polimero. Vengono generalmente utilizzate quando sia necessario eseguire rasature (1-8 mm) ed interventi di ripristino centimetrici (10-50 mm) di tipo localizzato (aree di ridotta estensione) o di difficile accesso;
- **malte RAPIDE a base di speciale legante pozzolanico:** questi materiali basano la loro prestazione su una particolare reazione di idratazione del legante che consente di ottenere in brevissimo tempo, anche a temperature estreme (-5°C) elevate prestazioni meccaniche;
- **formulati a base di resina:** si tratta principalmente di resine di tipo epossidico o vinilestere. Vengono impiegati nel settore del ripristino per interventi speciali di iniezione entro fessure, incollaggi strutturali, inghissaggi di barre di armature, ecc., che non potrebbero essere eseguiti con successo con i materiali cementizi. La loro principale caratteristica è legata alle elevate prestazioni meccaniche (conseguente alla solidità dei legami di polimerizzazione che s'innescano quando la base si unisce all'indurente) e all'elevata adesione a calcestruzzo, acciaio ed ai diversi materiali da costruzione.

¹ Si intendono ad espansione contrastata malte, betoncini e calcestruzzi che compensano il ritiro igrometrico con una opportuna reazione espansiva nella fase iniziale dell'indurimento

I vari tipi di materiale, per i cui requisiti e specifiche prestazionali minime si rimanda ai punti 19.2 e 19.3, sono così definiti:

MALTE PER RASATURE

Di tipo MR1: malta cementizia, per rasature fini (1-3 mm), polimero modificata, premiscelata, tixotropica, monocomponente, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili.

Di tipo MR2: malta cementizia, per rasature grosse (4-8 mm), polimero modificata, premiscelata, tixotropica, bicomponente, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili.

MALTE TIXOTROPICHE

Di tipo MT1: malta cementizia, premiscelata, tixotropica, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili e fibrorinforzata² con fibre inorganiche flessibili caratterizzate da lunghezza 12 mm, diametro 14 µm, resistenza a trazione 1700 MPa, modulo elastico 72000 MPa.

Di tipo MT2: malta cementizia, premiscelata, tixotropica, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, con fibre sintetiche poliacrilonitrili.

Di tipo MT3: malta cementizia premiscelata, tixotropica, bicomponente, polimero modificata, contenente fibre poliacrilonitrili.

MALTE COLABILI

Di tipo MC1: malta cementizia, premiscelata, colabile, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili e fibrorinforzata con fibre inorganiche flessibili caratterizzate da lunghezza 12 mm, diametro 14 µm, resistenza a trazione 1700 MPa, modulo elastico 72000 MPa.

² Si definiscono fibrorinforzati quei conglomerati (malte o betoncini) provvisti di fibre metalliche o sintetiche che garantiscano il contrasto all'espansione del materiale e/o forniscano elevate prestazioni di duttilità

Di tipo MC2: malta cementizia, premiscelata, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, reodinamica³, colabile, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili.

Di tipo MC3: malta cementizia, premiscelata, reoplastica⁴, colabile, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, ad elevatissima duttilità, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili e fibrorinforzata con fibre metalliche rigide (di acciaio) caratterizzate da lunghezza 30 mm, diametro 0,6 mm, forma a "catino"; resistenza a trazione > 1200 MPa.

Di tipo MC4: malta a base di uno speciale legante pozzolanico, premiscelata, a rapido indurimento anche a basse temperature, contenente fibre sintetiche in poliacrilonitrile e fibrorinforzata con fibre metalliche rigide (di acciaio) caratterizzate da lunghezza 30 mm, diametro 0,38 mm, resistenza a trazione > 2.300 MPa ad elevatissima duttilità.

BETONCINI COLABILI

Di tipo B1: betoncino cementizio, colabile, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili e fibrorinforzato con fibre inorganiche flessibili caratterizzate da lunghezza 12 mm, diametro 14 µm, resistenza a trazione 1700 MPa, modulo elastico 72000 MPa, ottenuto, aggiungendo alla malta di cui al precedente punto MC1 aggregati selezionati⁵.

Di tipo B2: betoncino cementizio, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, reodinamico, colabile, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili, ottenuto, aggiungendo alla malta di cui al precedente punto MC2 aggregati selezionati.

³ Si definiscono reodinamici malte, betoncini e calcestruzzi superfluidi, autocompattanti, ad elevatissima coesione, capaci di scorrere con elevata energia di movimento e deformabilità allo stato fresco

⁴ Si definiscono reoplastici malte, betoncini e calcestruzzi che pur essendo autolivellanti sono molto coesivi cioè privi di segregazione e bleeding

⁵ Gli aggregati selezionati devono essere nella misura del 35% sul peso totale della miscela secca malta più aggregato, non gelivi, non soggetti a reazione alcali aggregato, lavati, di idonea curva granulometrica, di diametro minimo pari a 5 mm, di diametro massimo in funzione dello spessore del getto.

Di tipo B3: betoncino cementizio, reoplastico, colabile, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, ad elevatissima duttilità, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili e fibrorinforzato con fibre metalliche rigide (di acciaio) caratterizzate da lunghezza 30 mm, diametro 0,6 mm, forma a "catino"; resistenza a trazione > 1200 MPa, ottenuto, aggiungendo alla malta di cui al precedente punto MC3 aggregati selezionati.

Di tipo B4: betoncino a base di uno speciale legante pozzolanico, a rapido indurimento anche a basse temperature, contenente fibre sintetiche in poliacrilonitrile e fibrorinforzato con fibre metalliche rigide (di acciaio) caratterizzate da lunghezza 30 mm, diametro 0,38 mm, resistenza a trazione > 2.300 MPa ad elevatissima duttilità, ottenuto, aggiungendo alla malta di cui al precedente punto MC4 aggregati selezionati.

Di tipo B5: betoncino cementizio, premiscelato, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, reodinamico, colabile, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili.

LEGANTE ESPANSIVO

Di tipo LE: legante espansivo che consente di ottenere calcestruzzi o boiacche estremamente fluide, prive di bleeding, a basso rapporto acqua/cemento, caratterizzate da elevate resistenze meccaniche.

Di tipo LS: legante espansivo che consente di ottenere calcestruzzi auto compattanti (SCC)⁶, privi di bleeding, a basso rapporto acqua/cemento, caratterizzati da elevatissime resistenze meccaniche.

Di tipo LF: legante espansivo che consente di ottenere calcestruzzi fibrorinforzati, privi di bleeding, a basso rapporto acqua/cemento, caratterizzati da elevatissime resistenze meccaniche ed elevatissima duttilità.

CALCESTRUZZO ESPANSIVO

Di tipo CE: calcestruzzo di cemento, espansivo alle brevi stagionature ed a stabilità volumetrica alle lunghe stagionature, avente $R_{ck} \geq 50$ MPa,

⁶ Per calcestruzzo autocompattante si intende, secondo la normativa di riferimento UNI 11040, calcestruzzo omogeneo che viene messo in opera e compattato senza intervento di mezzi esterni (vibrazione) ma per effetto della sola forza gravitazionale. Il calcestruzzo autocompattante, oltre a soddisfare i requisiti di classi di resistenza e di esposizione, ha la proprietà allo stato fresco di un'elevata fluidità con assenza di segregazione.

reoplastico (consistenza S4-S5), assenza di bleeding ed elevata pompabilità, ottenuto utilizzando come legante uno speciale cemento espansivo tipo LE in luogo dei normali cementi, e miscelando ad esso acqua ed aggregati.

Di tipo CS: calcestruzzo di cemento, espansivo alle brevi stagionature ed a stabilità volumetrica alle lunghe stagionature, autocompattante (SCC), avente Rck ≥ 65 MPa, assenza di bleeding ed elevata pompabilità, ottenuto utilizzando come legante uno speciale cemento espansivo tipo LS in luogo dei normali cementi, e miscelando ad esso acqua ed aggregati.

Di tipo CF: calcestruzzo di cemento, espansivo alle brevi stagionature ed a stabilità volumetrica alle lunghe stagionature, avente Rck ≥ 50 MPa, reoplastico (consistenza S4-S5), assenza di bleeding ed elevata pompabilità, rinforzato con fibre di acciaio ad elevata resistenza a trazione e ancoraggio, dotate di un rivestimento galvanico anticorrosione eco-compatibile e caratterizzate da lunghezza 30 mm, spessore = 0,38 mm, rapporto d'aspetto L/D = 80 , resistenza a trazione > 2800 MPa, ed elevatissima duttilità, ottenuto utilizzando come legante uno speciale cemento espansivo tipo LF in luogo dei normali cementi, e miscelando ad esso acqua ed aggregati.

FORMULATI DI RESINA

Di tipo RC: malta epossidica bicomponente, colabile, priva di solventi.

Di tipo RT: malta epossidica bicomponente, tixotropica, priva di solventi.

Di tipo RI: resina epossidica bicomponente, a bassissima viscosità, priva di solventi, colabile.

Di tipo RA: tassello chimico rapido in cartuccia bicompartimentale coassiale, a consistenza tixotropica a base di resina vinilestere priva di stirene.

23.1.3 Tecniche d'intervento e scelta dei materiali

Tabella 23.1a - Spessori da ripristinare - Tecniche d'intervento - Tipo di materiale

		DEGRADO [mm]																	
		Lieve			Medio				Profondo					Molto profondo					
		0	3	8	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	>100				
TECNICHE	Rasatura	M R 1	M R 2																
	Spruzzo o rinzafo				MT1														
					MT2														
					MT3														
	Colaggio				MC1				B1										
					MC2			MC2 *	B2										
					MC3				B3										
					MC4				B4										
										B5									
															CF				
															CE, CS				
	Spatola																	RC	
	Iniezione																		RT
	Tassello																		RI
																		RA	
				Malte				Betoncini					Calcestruzzi		Form. di resina				
MATERIALI																			

* applicazione di rete elettrosaldata

Degrado lieve - Ripristini di spessore da 1 a 8 mm

La tecnica utilizzata, per eliminare difetti costruttivi quali vespai, vaiolature, sbeccature, assenza di copriferro, assenza di planarità, è quella della rasatura.

La preparazione del supporto deve essere realizzata mediante sabbiatura o idrosabbiatura.

La malta può essere applicata sia a mano che con macchina intonacatrice, previa miscelazione.

Si utilizza la malta:

- **Tipo MR1** per rasature fini, interventi di spessore da 1 a 3 mm.
- **Tipo MR2** per rasature grosse, interventi di spessore maggiori di 3 fino a 8 mm.

Degrado medio - Ripristini di spessore maggiore di 10 fino a 60 mm

Le tecniche d'intervento utilizzate sono:

- l'applicazione con macchina intonacatrice (superfici estese) o manuale a cazzuola (superfici ridotte) utilizzando malte tixotropiche;
- l'applicazione per colaggio utilizzando malte fluide.

L'asportazione del calcestruzzo contaminato (per esempio carbonatato e/o contenete cloruri) dovrà essere eseguita mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa o mediante macchine idrodemolitrici, dopo l'asportazione del calcestruzzo contaminato, la superficie del supporto dovrà essere microscopicamente ruvida con asperità di 5 mm.

Nel caso di interventi molto localizzati o quando si devono ripristinare elementi strutturali di difficile accesso per i quali una idonea asportazione del calcestruzzo non è possibile, si preparerà la superficie di supporto mediante sabbiatura e l'intervento sarà eseguito con malte polimero modificate di tipo MT3.

Ripristini realizzati con macchina intonacatrice o manualmente con cazzuola

Tale tecnica è utilizzata sia per ripristinare elementi strutturali verticali che l'intradosso di elementi orizzontali. L'applicazione manuale con cazzuola è consentita per superfici limitate (poche decine di metri quadrati).

Si utilizza la malta:

- **Tipo MT1** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 10 a 60 mm anche in modo non omogeneo. Tale malta, essendo fibrorinforzata (fibre inorganiche flessibili), non richiede applicazione di rete elettrosaldata. E' utilizzata con semplicità anche per ripristini localizzati. Nel caso di applicazioni per spessori superiori ai 40mm, e fino al limite di 60mm, è necessaria l'applicazione in più mani, e comunque rispettando sempre l'indicazione dello spessore massimo per singola mano, riportata nelle specifiche tecniche di applicazione della scheda tecnica del prodotto scelto.
- **Tipo MT2** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 10 fino a 30 mm. Può essere utilizzata anche per interventi di spessore superiori a 30mm, ossia da 40 a fino a 60 mm previa applicazione di rete elettrosaldata. Nel caso di applicazioni per spessori uguali a superiori ai 40mm, e fino al limite di 60mm, è necessaria l'applicazione in più mani, e comunque rispettando sempre l'indicazione dello spessore massimo per singola mano, riportata nelle specifiche tecniche di applicazione della scheda tecnica del prodotto scelto.
- **Tipo MT3** per ripristinare elementi strutturali che presentino degradi molto localizzati e spessori da 10 a 50 mm. Poiché sono malte che possono essere applicate anche su supporti solamente sabbiati sono utilizzati per interventi su elementi strutturali di difficile accesso sui quali non è possibile l'asportazione del calcestruzzo degradato per spessori centimetrici, inoltre non richiede l'applicazione di rete elettrosaldata.

Ripristini realizzati per colaggio

Tale tecnica è utilizzata per ripristinare l'estradosso di elementi strutturali orizzontali.

Il colaggio entro cassero è possibile per spessori compresi tra 40 e 50 mm facendo uso di materiali di tipo MC2.

Si utilizza la malta:

a cura di:

- **Tipo MC1** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 10 a 50 mm anche in modo non omogeneo. Tale malta, essendo fibrorinforzata (fibre inorganiche flessibili), non richiede applicazione di rete elettrosaldata.
- **Tipo MC2** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 10 a 20 mm. Per interventi di spessore da 40 a 50 mm la malta deve essere armata con rete elettrosaldata in assenza di armatura pre-esistente. Tale malta essendo reodinamica (autocompattante e molto scorrevole) può essere messa in opera in modo semplice ed affidabile per colaggio anche entro cassero per spessori compresi tra 40 e 50 mm.
- **Tipo MC3** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 10 a 50 mm anche in modo non omogeneo. Tale malta, essendo fibrorinforzata (fibre di acciaio rigide), non richiede applicazione di rete elettrosaldata. L'elevato dosaggio delle fibre di acciaio conferisce alla malta un elevato indice di duttilità.
- **Tipo MC4** per ripristinare in tempi brevissimi anche a basse temperature elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 10 a 50 mm anche in modo non omogeneo. Tale malta è in grado di sviluppare resistenze meccaniche molto elevate alle brevissime stagionature anche a temperature di -5°C , inoltre, essendo fibrorinforzata (fibre di acciaio rigide), non richiede applicazione di rete elettrosaldata. L'elevato dosaggio delle fibre di acciaio conferisce alla malta un elevato indice di duttilità.

Degrado profondo - Ripristini di spessore maggiore di 50 fino a 100 mm

Quando il degrado interessa spessori maggiori di 50 mm non si devono più utilizzare malte, ma si deve far uso di betoncini.

Le tecniche d'intervento utilizzate sono:

- messa in opera per colaggio su superfici orizzontali di betoncini ad espansione contrastata in aria;

- colaggio entro cassero (incamiciatura) di betoncini ad espansione contrastata in aria.

L'asportazione del calcestruzzo contaminato (per esempio carbonatato e/o contenete cloruri) dovrà essere eseguita mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa o preferibilmente, visti gli elevati spessori, mediante macchine idrodemolitrici, dopo l'asportazione del calcestruzzo contaminato, la superficie del supporto dovrà essere microscopicamente ruvida con asperità di 5 mm.

Si utilizza il betoncino:

- **Tipo B1** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 50 a 100 mm anche in modo non omogeneo. Tale betoncino, essendo fibrorinforzato (fibre inorganiche flessibili), non richiede applicazione di rete elettrosaldata.
- **Tipo B2** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 50 a 100 mm. Il betoncino deve essere sempre armato con rete elettrosaldata in assenza di altre armature. Tale betoncino, essendo reodinamico (autocompattante e molto scorrevole), può essere messo in opera in modo semplice ed affidabile per colaggio anche entro cassero, senza richiedere vibrazione.
- **Tipo B3** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 50 a 100 mm anche in modo non omogeneo. Tale betoncino, essendo fibrorinforzato (fibre di acciaio rigide), non richiede applicazione di rete elettrosaldata. L'elevato dosaggio delle fibre di acciaio conferisce al betoncino un elevato indice di duttilità.
- **Tipo B4** per ripristinare in tempi brevissimi, anche a basse temperature, elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 50 a 100 mm anche in modo non omogeneo. Tale betoncino è in grado di sviluppare resistenze meccaniche molto elevate alle brevissime stagionature anche a temperature di -5°C, inoltre, essendo fibrorinforzato (fibre di acciaio rigide), non richiede applicazione di rete elettrosaldata. L'elevato dosaggio delle fibre di acciaio conferisce al betoncino un elevato indice di duttilità.

- **Tipo B5** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 50 a 100 mm. Il betoncino deve essere sempre armato con rete elettrosaldata in assenza di altre armature. Tale betoncino, essendo reodinamico (autocompattante e molto scorrevole), può essere messo in opera in modo semplice ed affidabile per colaggio anche entro cassero, senza richiedere vibrazione.

I betoncini B1, B2, B3, B4, sono ottenuti aggiungendo in cantiere rispettivamente alle malte tipo MC1, MC2, MC3, MC4, degli aggregati di opportuna curva granulometrica; per ottenere buoni risultati è necessario porre particolare attenzione alla scelta degli aggregati, verificando che siano di diametro minimo pari a 5 mm e diametro massimo di 10 mm, ben puliti e privi di impurità limo argillose.

Degrado molto profondo - Ripristini di spessore maggiore o uguale di 100 mm

Quando il degrado interessa spessori maggiori o uguali di 100 mm si deve far uso di calcestruzzo tipo CE,CS o CF⁷ (calcestruzzi espansivi alle brevi stagionature ed a stabilità volumetrica alle lunghe stagionature, ottenuti utilizzando rispettivamente leganti di tipo LE,LS, LF) aventi diametro massimo dell'inerte crescente al crescere dello spessore d'intervento.

Le tecniche d'intervento utilizzate sono:

- messa in opera per colaggio su superfici orizzontali;
- colaggio entro cassero (incamiciatura).

L'asportazione del calcestruzzo contaminato (per esempio carbonatato e/o contenete cloruri) dovrà essere eseguita mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa o preferibilmente, visti gli elevati spessori, mediante macchine idrodemolitrici, dopo l'asportazione del calcestruzzo contaminato, la superficie del supporto dovrà essere microscopicamente ruvida con asperità di 5 mm.

I calcestruzzi di tipo CE, CS e CF dovranno essere confezionati a piè d'opera. Sarà consentito, previo parere favorevole della D.L., il

⁷ Come riportato nella tabella 19.1a il calcestruzzo di tipo CF può essere utilizzato per spessori maggiori o uguali di 80 mm

caricamento degli inerti, di opportuna e sperimentata curva granulometrica, in impianto di betonaggio insieme al 30-40% dell'acqua d'impasto totale. La restante acqua d'impasto, necessaria ad ottenere la consistenza richiesta, dovrà essere immessa in autobetoniera al momento del caricamento in cantiere del legante espansivo tipo LE o LS fornito in appositi sacconi. La miscelazione dovrà durare fino ad ottenere un impasto omogeneo per tutto il volume.

Interventi con resine

Spesso nei lavori di manutenzione delle strutture è necessario eseguire interventi speciali, con resine:

- **Tipo RC** per ripristinare in spessore centimetrico elementi che richiedono elevate prestazioni meccaniche; applicata per colaggio.
- **Tipo RT** per incollaggio di elementi in calcestruzzo, acciaio, PVC e altri materiali, in quanto garantisce elevata adesione tra i materiali; applicata con spatola.
- **Tipo RA** per inghisaggio rapido di barre di armatura utilizzando formulati in cartuccia; il diametro del foro per l'inghisaggio per barre ad aderenza migliorata dal diametro fino a 16 mm, deve essere pari alla somma del diametro della barra più 4 mm, mentre per barre ad aderenza migliorata dal diametro compreso tra 17 e 34 mm, deve essere pari alla somma del diametro della barra più 6 mm.
- **Tipo RI** per intasamento di cavi di precompressione, o saldatura di fessurazioni; applicata con iniezione a pressione.

23.2 Requisiti e metodi di prova dei materiali

Un materiale per il ripristino di strutture in calcestruzzo deve possedere i seguenti requisiti fondamentali.

Elevata compatibilità con il calcestruzzo di supporto

- **Espansione contrastata a 24 ore con maturazione in aria:** la perfetta compatibilità con il calcestruzzo di supporto si ha utilizzando malte e betoncini ad espansione contrasta con maturazione in aria, la cui

espansione iniziale consentirà di compensare il ritiro che i materiali cementizi svilupperanno inevitabilmente all'evaporazione di parte dell'acqua d'impasto. Per garantire in opera la monoliticità tra vecchia struttura e materiale utilizzato per il ripristino è necessario che quest'ultimo sia in grado di fornire buoni valori di espansione contrastata a 24 ore e con maturazione all'aria.

- **Aderenza al calcestruzzo indurito:** l'adesione tra vecchia struttura e materiale di ripristino deve essere elevata e risultare almeno uguale alla resistenza a trazione del calcestruzzo indurito.
- **Resistenza meccanica:** la resistenza meccanica alla compressione, trazione e flessione deve risultare simile a quella del calcestruzzo di supporto e maggiore quando si eseguono interventi di adeguamento strutturale.
- **Modulo elastico:** per interventi di spessore centimetrico il modulo elastico del materiale di ripristino deve essere simile a quello del calcestruzzo di supporto. Per interventi millimetrici, specialmente per le zone inflesse, il modulo elastico deve essere ≤ 16.000 MPa.

Elevata compatibilità con l'ambiente d'esercizio

I materiali utilizzati per ripristinare strutture degradate devono possedere una resistenza agli agenti esterni superiore a quella del calcestruzzo di cui l'opera è costituita.

La capacità del materiale, da ripristino, di resistere agli agenti aggressivi presenti nell'ambiente, si riferisce principalmente all'acqua liquida, agli ioni Cl^- , all'anidride carbonica, ed all'ossigeno, che partecipano attivamente ai processi di corrosione; nei riguardi di queste sostanze lo spessore del materiale da ripristino applicato deve naturalmente risultare il più possibile impermeabile.

Per concentrazioni di CO_2 molto elevate (> 1000 ppm) o quando si fa uso di sali decongelanti sarà necessario proteggere la struttura con uno specifico sistema protettivo filmogeno.

I materiali utilizzati per il ripristino devono garantire anche la massima continuità della superficie esterna in modo da non favorire l'ingresso delle sostanze aggressive.

I requisiti fondamentali che un materiale da ripristino deve garantire sono:

- **Resistenza alla fessurazione da ritiro plastico:** il materiale per il ripristino deve contenere fibre sintetiche poliacrilonitrili nella misura e del tipo adatto a contrastare il verificarsi delle fessure durante le prime ore dopo l'applicazione⁸.
- **Resistenza alla fessurazione da ritiro igrometrico:** per garantire la curabilità del ripristino il materiale di apporto deve avere una elevata resistenza alla fessurazione a lungo termine; la causa di tali stati fessurativi è il ritiro igrometrico, per questo motivo è fondamentale utilizzare materiali ad espansione contrastata in aria che garantiscano, nelle condizioni di esercizio, la compensazione del ritiro igrometrico.
- **Resistenza alla carbonatazione:** requisito indispensabile per evitare il degrado per corrosione delle armature dovuta alla carbonatazione, la conseguenza di questo processo è l'abbassamento del pH della pasta cementizia che diventa incapace di passivare le armature.
- **Impermeabilità ai cloruri:** i cloruri sono l'altro fattore che causa la corrosione delle armature, gli ioni Cl⁻, penetrando nel calcestruzzo, arrivati all'armatura bucano lo strato di ossido esistente e corrodono localmente le armature.
- **Resistenza a cicli di gelo-disgelo:** requisito fondamentale per le strutture in zone montane dove la temperatura oscilla sopra e sotto lo zero e quando vi sono condizioni ambientali che rendono il calcestruzzo umido.

⁸ Il ritiro plastico è compensato solo parzialmente dalle reazioni espansive idonee a compensare il ritiro igrometrico, è pertanto necessario prendere misure preventive quali : utilizzare materiali provvisti di fibre sintetiche, saturare il sottofondo, frattazzare e/o stagionare le parti esposte all'aria

- **Impermeabilità all'acqua:** la presenza d'acqua favorisce tutti i processi di degrado, una elevata impermeabilità è sinonimo di ridotta porosità del conglomerato.

23.2.1 Scelta dei metodi di prova

Nella successiva tabella 23.2a sono riportati i requisiti ed i corrispondenti metodi di prova per i conglomerati ad espansione contrastata in aria e per le malte cementizie polimero modificate.

Tabella 23.2a - Requisiti e metodi di prova per materiali cementizi

REQUISITI	METODI DI PROVA									
	Malte polimero modificate di tipo MR1, MR2, MT3	Malte e betoncini espansivi in aria di tipo MT1, MT2, MC1, MC3, B1, B3	Malte e betoncini rapidi di tipo MC4, B4	Malte e betoncini espansivi in aria di tipo MC2, B2, B5	Legante di tipo LE	Calce str. di tipo CE	Legante di tipo LS	Calce str. di tipo CS	Legante di tipo LF	Calce str. di tipo CF
Bleeding	-	-	-	-	UNI 8998	-	UNI 8998	-	UNI 8998	-
Lavorabilità	per malte UNI EN 13395/1, per betoncini UNI 11041				-	UNI EN 12350 /2 (slump test)	-	UNI 12350 /8, EN 12350 -9 (V-Funnel)	-	UNI EN 12350 /2 (slump test) e 12350 /5 (tavola a scosse)
Espansione contrastata in aria	-----	all'aria: UNI 8147 modificata* (malte) UNI 8148 modificata* (betonci no) Test di Inarc./Imb.	-----	all'aria: UNI 8147 modificata* (malte) UNI 8148 modificata* (betoncino) Test di Inarc./Imb.						
Resistenza alla fessurazione	O Ring test (non applicabile per la MR1 e MR2)					-				
Adesione al calcestruzzo	UNI EN 1542 (metodo di prova/trazione diretta)				-	UNI EN 1542	-	UNI EN 1542	-	UNI EN 1542
Resistenza alla carbonatazione	UNI EN 13295 (metodo di prova) UNI EN 1504-3 (limiti di accettazione)				-	UNI EN 1504-3	-	UNI EN 1504-3	-	UNI EN 1504-3
Compatibilità termica parte 1, GELO-DISGELO	UNI EN 13687/1									

Compatibilità termica parte 2, TEMPORALI	UNI EN 13687/2		-				
Compatibilità termica parte 4, CICLI A SECCO	UNI EN 13687/4		-				
Impermeabilità all'acqua	UNI EN 12390/8 (in pressione) UNI EN 13057 (assorbimento capillare), esclusi i leganti tipo LE ed LS						
Resistenza a compressione	UNI EN 12190 per malte UNI EN 12390/3 per betoncini	UNI EN 12190	UNI EN 12390 /3	UNI EN 12190	UNI EN 12390 /3	UNI EN 12190	UNI EN 12390 /3
Resistenza a trazione per flessione	UNI EN 196/1 per malte UNI EN 12390/5 per betoncini	UNI EN 196/1	UNI EN 12390 /5	UNI EN 196/1	UNI EN 12390 /5	UNI EN 196/1	UNI EN 12390 /5
Modulo elastico	UNI EN 13412 (malte) UNI EN 6556 (betoncini)	-	UNI EN 6556	-	UNI EN 6556	-	UNI EN 6556
Caratteristiche di tenacità	ASTM C1018 (solo per i tipi MC3, MC4, B3, B4)		-----				
Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio	RILEM-CEB-FIP RC6-78						
Duttilità - Test method for metallic fibre concrete - Measuring the flexural tensile strength (limit of proportionality (LOP), residual)	-		-		-		EN 14651
Verifica corrodibilità fibre metalliche	-	Corrosion test (internal methods)	-	-	-	-	Corrosion test (internal methods)

* le normativa 8147 e 8148 modificata, considerano la prova effettuata all'aria.
 ** per l'impiego di Calcestruzzi di tipo CE,CS e CF dovranno essere rispettati i requisiti sia del calcestruzzo sia del legante

I materiali a base di resina sono impiegati nel settore del ripristino per interventi speciali quali iniezione entro fessure, incollaggi strutturali, inghisaggi di barre di armature, ecc., che non potrebbero essere eseguiti con successo con i materiali cementizi. La loro principale caratteristica è legata alle elevate prestazioni meccaniche (conseguente alla solidità dei legami di polimerizzazione che si innescano quando la base si unisce all'indurente) e alla elevata adesione al calcestruzzo, all'acciaio e ai diversi materiali da costruzione. Requisito specifico per i formulati utilizzati per saldare fessure è la bassissima viscosità che consente la massima penetrazione della resina.

Tabella 23.2b - Requisiti e metodi di prova per materiali a base di resina

REQUISITI	METODI DI PROVA		
	Resine di tipo RC e RT	Resine di tipo RI	Resine di tipo RA
Viscosità cinematica	-----	ASTM D 2196	-----
Caratteristiche di adesione: - resina-calcestruzzo - resina-acciaio - carico di sfilamento su barre di armatura	UNI EN 1542 ASTM D4541 -----		Pull out test
Caratteristiche a compressione (resistenza e modulo elastico)	ASTM D695		-----
Resistenza a trazione per flessione	ASTM D790		-----
Caratteristiche a trazione diretta (resistenza e modulo elastico)	ASTM D638		-----
Coefficiente di dilatazione termica lineare	ASTM D696		-----

23.3 Accettazione e specifiche prestazionali dei materiali per interventi di ripristino/adequamento

Fermo restando tutto quanto previsto all'art. 167 del Regolamento, si precisa che, in concomitanza con la consegna dei Lavori, l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori le specifiche dei materiali che intende utilizzare. Tali specifiche dovranno essere corredate da certificazioni rilasciate da Laboratori Ufficiali attestanti la rispondenza dei prodotti alle specifiche tecniche del Capitolato Speciale d'Appalto. Successivamente la Direzione Lavori in tempo utile rispetto al programma lavori esprimerà il suo parere (accettazione o rifiuto dei materiali proposti), potendo, qualora lo ritenga opportuno anche avendo accettato i materiali proposti, prescrivere l'esecuzione di prove su campioni di materiali prelevati in contraddittorio presso Laboratori Ufficiali.

Nel caso in cui l'Appaltatore intenda utilizzare materiali privi di tale certificazione, la Direzione Lavori dovrà richiedere, con onere a carico dell'Appaltatore, l'effettuazione di prove presso Laboratori Ufficiali.

Le Società Produttrici devono possedere certificazione di qualità ai sensi della normativa UNI EN ISO 9001 e possedere un manuale della Qualità.

La D.L. su indicazione del Committente, potrà richiedere che il Produttore fornisca, congiuntamente al materiale, una dichiarazione che attesti le prestazioni specifiche della partita di materiale che è consegnata di volta in volta.

Nelle successive tabelle sono indicate le prestazioni minime richieste per i singoli tipi di materiale, salvo migliori caratteristiche definite nel progetto.

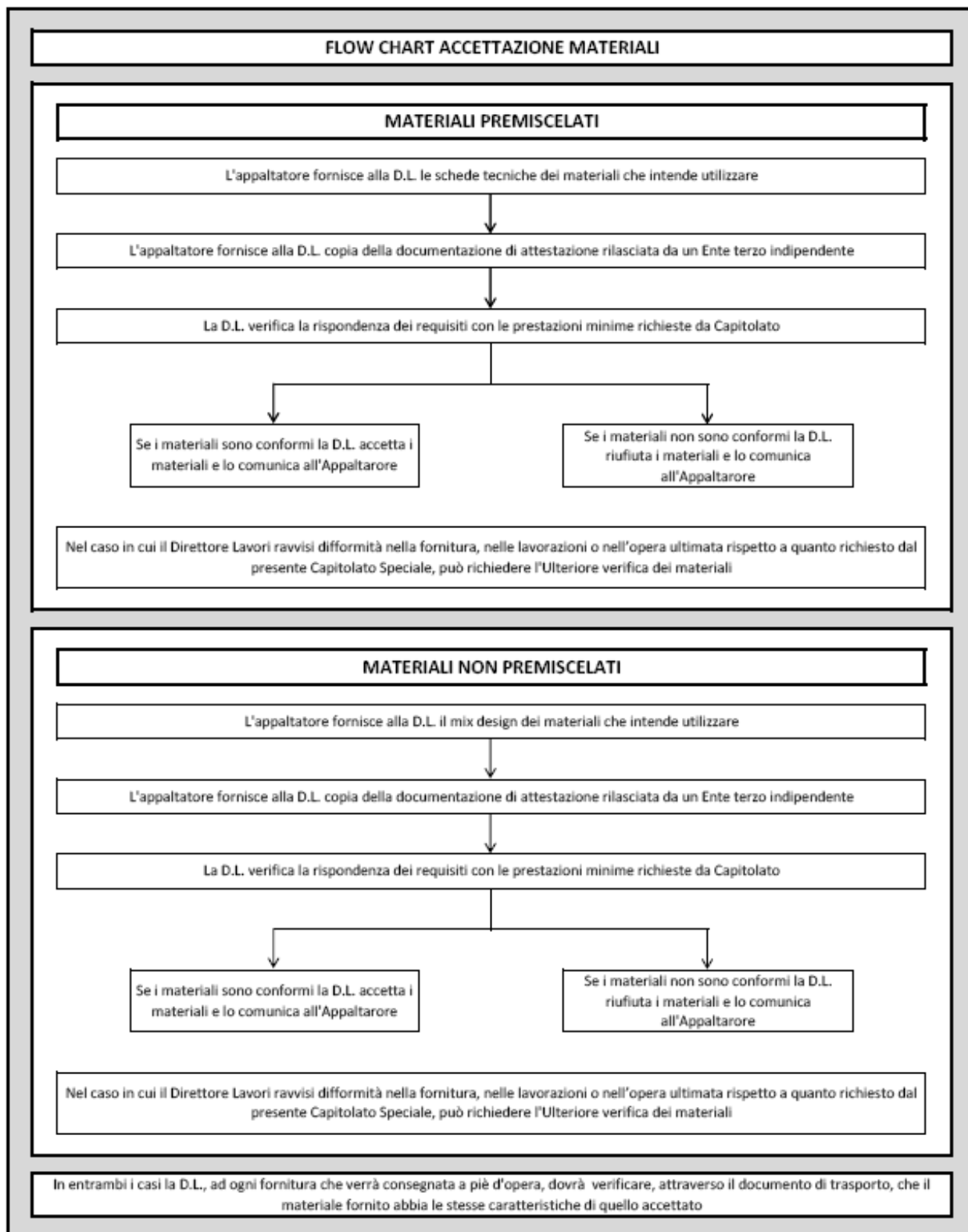


Tabella 23.3a - Prestazioni richieste per i materiali cementizi premiscelati ad espansione contrastata in aria

REQUISITI	MATERIALI CEMENTIZI AD ESPANSIONE CONTRASTATA ALL'ARIA DI TIPO					
	MT1	MT2	MC1	MC2	MC3	B5
Lavorabilità	170-180 mm	170-180 mm	230-250 mm	800-900 mm	190-200 mm	800-900 mm
Espansione contrastata all'aria	1 g > 0,04 % inarc. ◯	1 g > 0,04 % inarc. ◯	1 g > 0,04 % inarc. ◯	1 g > 0,04 % inarc. ◯	1 g > 0,04 % inarc. ◯	1 g > 0,04 % inarc. ◯
Resistenza alla fessurazione	Nessuna fessura dopo 180 gg	Nessuna fessura dopo 180 gg	Nessuna fessura dopo 180 gg	Nessuna fessura dopo 180 gg	Nessuna fessura dopo 180 gg	Nessuna fessura dopo 180 gg
Adesione al calcestruzzo	> 2 MPa	> 2 MPa	> 2 MPa	> 2 MPa	> 2 MPa	> 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione	Secondo UNI EN 1504/3	Secondo UNI EN 1504/3	Secondo UNI EN 1504/3	Secondo UNI EN 1504/3	Secondo UNI EN 1504/3	Secondo UNI EN 1504/3
Compatibilità termica parte 1, GELO-DISGELO	Secondo UNI EN 13687/1	Secondo UNI EN 13687/1	Secondo UNI EN 13687/1	Secondo UNI EN 13687/1	Secondo UNI EN 13687/1	Secondo UNI EN 13687/1
Compatibilità termica parte 2, TEMPORALI	Secondo UNI EN 13687/2	Secondo UNI EN 13687/2	Secondo UNI EN 13687/2	Secondo UNI EN 13687/2	Secondo UNI EN 13687/2	Secondo UNI EN 13687/2
Compatibilità termica parte 4, CICLI A SECCO	Secondo UNI EN 13687/4	Secondo UNI EN 13687/4	Secondo UNI EN 13687/4	Secondo UNI EN 13687/4	Secondo UNI EN 13687/4	Secondo UNI EN 13687/4
Impermeabilità all'acqua - in pressione - assorbimento capillare	< 5 mm < 0,25 kg·m ² ·h ^{-0,5}	< 5 mm < 0,15 kg·m ² ·h ^{-0,5}	< 5 mm < 0,25 kg·m ² ·h ^{-0,5}	< 5 mm < 0,08 kg·m ² ·h ^{-0,5}	< 5 mm < 0,30 kg·m ² ·h ^{-0,5}	< 5 mm < 0,1 kg·m ² ·h ^{-0,5}
Resistenza a compressione - 1 giorno - 7 giorni - 28 giorni	> 20 MPa > 50 MPa > 60 MPa	> 20 MPa > 50 MPa > 60 MPa	> 25 MPa > 55 MPa > 65 MPa	> 25 MPa > 55 MPa > 70 MPa	> 30 MPa > 50 MPa > 70 MPa	> 30 MPa > 55 MPa > 70 MPa
Resistenza a trazione per flessione - 1 giorno - 7 giorni - 28 giorni	> 7 MPa > 9 MPa > 10 MPa	> 4 MPa > 6 MPa > 8 MPa	> 7 MPa > 9 MPa > 10 MPa	> 4 MPa > 6 MPa > 7 MPa	> 10 MPa > 13 MPa > 16 MPa	> 4 MPa > 6 MPa > 7 MPa
Modulo elastico	28.000 (± 2.000) MPa	28.000 (± 2.000) MPa	28.000 (± 2.000) MPa	28.000 (± 2.000) MPa	27.000 (± 2.000) MPa	30.000 (± 2.000) MPa
Caratteristiche di tenacità - carico di prima fessurazione - Indice di tenacità	----- -----	----- -----	----- -----	----- -----	> 20 KN I ₂₀ > 20	----- -----
Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio	> 25 MPa	> 25 MPa	> 25 MPa	> 25 MPa	> 25 MPa	> 25 MPa

N.B Le prestazioni dei betoncini realizzati aggiungendo ghiaio nella misura del 35% in peso, sono ovviamente legate alla natura ed alla qualità dell'inerte stesso; per la valutazione prestazionale quindi dei betoncini NON premiscelati (tipo B1, B2, B3), si dovrà testare la relativa malta di partenza (tipo MC1, MC2, MC3) e quindi procedere a verificare i valori delle prestazioni dei betoncini definite in progetto

Tabella 23.3b - Prestazioni richieste per i materiali rapidi

REQUISITI	MATERIALI RAPIDI DI TIPO MC4		
Lavorabilità	210-220 mm		
Resistenza alla fessurazione (o ring test)	Nessuna fessura dopo 180 gg		
Adesione al calcestruzzo	> 2 MPa		
Resistenza alla carbonatazione	Secondo UNI EN 1504/3		
Compatibilità termica parte 1, GELO-DISGELO	UNI EN 13687/1		
Compatibilità termica parte 2, TEMPORALI	UNI EN 13687/2		
Compatibilità termica parte 4, CICLI A SECCO	UNI EN 13687/4		
Impermeabilità all'acqua - in pressione - assorbimento capillare	< 5 mm < 0,35 kg·m ² ·h ^{-0,5}		
Resistenza a compressione	-5°C*	0°C**	20°C
3 ore	>8 MPa	>15 MPa	>25 MPa
4 ore	>12 MPa	>20 MPa	>35 MPa
8 ore	>20 MPa	>30 MPa	>40 MPa
24 ore	>50 MPa	>55 MPa	>60 MPa
7 giorni	>65 MPa	>65 MPa	>70 MPa
28 giorni	>75	>75	>75 MPa
Resistenza a trazione per flessione (20°C)			MC5 1g > 4 MPa 7 gg > 6 MPa 28 gg > 7 MPa MC4 1g > 15 MPa 7 gg > 18 MPa 28 gg > 24 MPa
Modulo elastico	30.000 (± 2.000) MPa		
Caratteristiche di tenacità - Carico di prima fessurazione - Indice di tenacità	> 20 KN I ₂₀ > 20		
Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio	> 25 MPa		

N.B Le prestazioni dei betonicini realizzati aggiungendo ghiaio nella misura del 35% in peso, sono ovviamente legate alla natura ed alla qualità dell'inerte stesso; per la valutazione prestazionale quindi dei betoncini NON premiscelati (tipo B4), si dovrà testare la relativa malta di partenza (tipo MC4, MC5) e quindi procedere a verificare i valori delle prestazioni dei betoncini definite in progetto

* materiali ed acqua condizionati a +10°C, stagionatura a -5°C

** materiali ed acqua condizionati a +10°C, stagionatura a 0°C

Tabella 23.3c - Prestazioni richieste per i materiali le malte cementizie polimero modificate

REQUISITI	MALTE CEMENTIZIE POLIMERO MODIFICATE DI TIPO		
	MR1	MR2	MT3
Lavorabilità	180-190 mm	180-190 mm	170-180 mm
Resistenza alla fessurazione (0 ring test)	-	-	Nessuna fessura dopo 180 gg
Resistenza alla fessurazione	----	----	Nessuna fessura dopo 180 gg
Adesione al calcestruzzo	> 2 MPa	> 2MPa	> 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione	Secondo pr EN 1504-3	Secondo pr EN 1504-3	Secondo pr EN 1504-3
Compatibilità termica parte 1, GELO-DISGELO	Secondo UNI EN 13687/1	Secondo UNI EN 13687/1	Secondo UNI EN 13687/1
Compatibilità termica parte 2, TEMPORALI	Secondo UNI EN 13687/2	Secondo UNI EN 13687/2	Secondo UNI EN 13687/2
Compatibilità termica parte 4, CICLI A SECCO	Secondo UNI EN 13687/4	Secondo UNI EN 13687/4	Secondo UNI EN 13687/4
Impermeabilità all'acqua - in pressione - assorbimento capillare	< 15 mm < 0,5 kg·m ² ·h ^{-0,5}	< 15 mm < 0,5 kg·m ² ·h ^{-0,5}	< 15 mm < 0,5 kg·m ² ·h ^{-0,5}
Resistenza a compressione - 1 giorno - 7 giorni -28 giorni	> 12 MPa > 28 MPa > 40 MPa	> 20 MPa > 27 MPa > 38 MPa	> 25 MPa > 45 MPa > 55 MPa
Resistenza a trazione per flessione - 1 giorno - 7 giorni -28 giorni	> 4 MPa > 7 MPa > 8 MPa	> 2 MPa > 5 MPa > 7 MPa	> 6 MPa > 8 MPa > 10 MPa
Modulo elastico [MPa]	16.000 (± 2.000)	16.000 (± 2.000)	25.000 (± 2.000)
Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio [MPa]	----	-----	> 20

Tabella 23.3d - Prestazioni richieste per i leganti espansivi LE,LS e LF e per i calcestruzzi espansivi CE,CS e CF

REQUISITI	LEGANTI TIPO LE*	CALCESTRUZZI TIPO CE***	LEGANTI TIPO LS**	CALCESTRUZZI TIPO CS****	LEGANTI TIPO LF**	CALCESTRUZZI TIPO CF*****
Bleeding	Assente	-	Assente	-	Assente	-
Lavorabilità	Fluidità Flow Cone iniziale < 30 sec, dopo 30 minuti < 35 secondi	S5	Fluidità Flow Cone iniziale < 30 sec, dopo 30 minuti < 35 secondi	Conforme alla UNI EN 12350-8 fluidità > 600 mm	Fluidità Flow Cone iniziale < 30 sec, dopo 30 minuti < 35 secondi	Conforme alla UNI EN 12350-8 fluidità > 600 mm
Espansione contrastata	1 g > 0,03 %	1 g > 0,03 %	1 g > 0,03 %	1 g > 0,03 %	1 g > 0,03 %	1 g > 0,03 %
Adesione al calcestruzzo	> 1,5 MPa	> 1,5 MPa	> 1,5 MPa	> 1,5 MPa	> 1,5 MPa	> 1,5 MPa
Resistenza alla carbonatazione	-	Secondo UNI EN 1504/3	-	Secondo UNI EN 1504/3	-	Secondo UNI EN 1504/3
Impermeabilità all'acqua - in pressione - assorbimento capillare	-	< 20 mm < 0,5 kg·m ² ·h ^{-0,5}	-	< 20 mm < 0,5 kg·m ² ·h ^{-0,5}	-	< 20 mm < 0,5 kg·m ² ·h ^{-0,5}
Resistenza al gelo-disgelo con sali disgelanti	-	Secondo UNI EN 13687/1	-	Secondo UNI EN 13687/1	-	Secondo UNI EN 13687/1
Resistenza a compressione - 1 giorno - 7 giorni - 28 giorni	> 20 MPa* > 50 MPa* > 60 MPa*	> 20 MPa > 35 MPa > 50 MPa	> 20 MPa** > 50 MPa** > 60 MPa**	> 25 MPa > 55 MPa > 65 MPa	> 20 MPa** > 50 MPa** > 60 MPa**	> 20 MPa > 35 MPa > 50 MPa
Resistenza a trazione per flessione - 1 giorno - 7 giorni - 28 giorni	> 3 MPa* > 6 MPa* > 7 MPa*	> 2 MPa > 3 MPa > 4 MPa	> 3 Pa** > 6 MPa** > 8 Pa**	> 3 MPa > 4 MPa > 5 MPa	> 3 MPa** > 6 MPa** > 8 MPa**	> 3 MPa > 4 MPa > 5 MPa
Modulo elastico	-	30.000 (± 2.000) MPa	-	30.000 (± 2.000) MPa	-	30.000 (± 2.000) MPa
Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio	> 15 MPa	> 15 MPa	> 15 MPa	> 15 MPa	> 15 MPa	> 15 MPa
Test method for metallic fibre concrete - Measuring the flexural tensile strength (limit of proportionality (LOP), residual) requisiti minimi secondo EN 14651	-	-	-	-	-	fR1k >= 2.8MPa fR3k >= 2.8MPa
Verifica corrodibilità fibre metalliche					Nessuna corrosione dopo 48 ore	Nessuna corrosione dopo 48 ore

*prove su boiacche effettuate con rapporto A/C pari a 0,32

**prove su boiacche effettuate con rapporto A/C pari a 0,30

***prove su calcestruzzi con dosaggio di legante LE pari a 400 kg/mc

****prove su calcestruzzi con dosaggio di legante LS pari a 500 kg/mc

*****prove su calcestruzzi con dosaggio di legante LF pari a 420 kg/mc

Tabella 23.3e - Prestazioni richieste per malte di resina

REQUISITI	MALTE DI RESINA DI TIPO																															
	RC	RT	RI	RA																												
Viscosità cinematica	-----	-----	500-700 mPa·s	-----																												
Caratteristiche di adesione a 7 gg:																																
- resina-cls [MPa]	> 3,5	> 3,5	> 3,5	-----																												
- resina-acciaio[MPa]	> 12	> 7	> 10	-----																												
- carico di sfilamento su barre di armatura ad aderenza migliorata FeB44K	-----	-----	-----	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Diam. barra [mm]</th> <th>Diam. foro [mm]</th> <th>Lungh. ancor. barra [mm]</th> <th>Carico [kN]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>12</td> <td>175</td> <td>10,6</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>16</td> <td>215</td> <td>15,0</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>18</td> <td>255</td> <td>20,1</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>20</td> <td>275</td> <td>28,8</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>26</td> <td>355</td> <td>43,2</td> </tr> <tr> <td>26</td> <td>32</td> <td>435</td> <td>65,0</td> </tr> </tbody> </table>	Diam. barra [mm]	Diam. foro [mm]	Lungh. ancor. barra [mm]	Carico [kN]	10	12	175	10,6	12	16	215	15,0	14	18	255	20,1	16	20	275	28,8	20	26	355	43,2	26	32	435	65,0
Diam. barra [mm]	Diam. foro [mm]	Lungh. ancor. barra [mm]	Carico [kN]																													
10	12	175	10,6																													
12	16	215	15,0																													
14	18	255	20,1																													
16	20	275	28,8																													
20	26	355	43,2																													
26	32	435	65,0																													
Caratteristiche a compressione a 7 gg:																																
- Resistenza [MPa]	> 55	> 70	> 70	-----																												
-Modulo elastico[MPa]	7000	7000	3100	-----																												
Resist. a traz. per fless. a 7 gg [MPa]	> 30	> 25	> 40	-----																												
Caratteristiche a trazione diretta a 7 gg:																																
- Resistenza [MPa]	> 6	> 8	> 35	-----																												
- Modulo elast. [MPa]	6.300	9500	2400	-----																												
Coefficiente di dilatazione termica lineare a 7 gg [°C ⁻¹]	2,46·10 ⁻⁵	2,04·10 ⁻⁵	5,11·10 ⁻⁵	-----																												

23.4 Trattamenti prima del ripristino/adeguamento e fasi esecutive

Le modalità esecutive variano in funzione dello spessore del calcestruzzo da asportare, da quello del ripristino e del tipo di materiale che sarà utilizzato, possono comunque essere sintetizzate nelle seguenti fasi:

- Asportazione del calcestruzzo degradato, sia il calcestruzzo incoerente che quello contaminato da cloruri o carbonato che non è più in grado di passivare le armature;
- Pulizia delle armature eventualmente scoperte, qualora il degrado sia causato dalla corrosione dei ferri d'armatura è fondamentale creare condizioni elettrochimiche che evitino il proseguire della corrosione;
- Posizionamento delle eventuali armature aggiuntive;
- Posizionamento dell'eventuale rete elettrosaldata di contrasto;
- Pulizia e saturazione della superficie di supporto⁹;
- Applicazione del materiale di ripristino;
- Frattazzatura o staggiatura;
- Stagionatura.

Le fasi esecutive in funzione del tipo di materiale utilizzato sono indicate nella tabella 19.4a e descritte nei punti successivi.

⁹ Per avere la certezza che il supporto sia pulito al momento dell'applicazione è consigliabile effettuare la pulizia immediatamente prima dell'applicazione del materiale, dopo che tutte le altre operazioni di preparazione del sottofondo sono state ultimate

Tabella 23.4a - Fasi esecutive in funzione del tipo di materiale di ripristino

		MATERIALI				
		Malte e betoncini espansivi in aria e malte e betoncini rapidi non fibrorinforz. di tipo MT2, MC2, B2, B5	Malte e betoncini espansivi in aria e malte e betoncini rapidi fibrorinforz. di tipo MT1, MC1, MC3, MC4, B1, B3, B4,	Malte polimero modificate di tipo MR1, MR2, MT3	Materiali a base di resina di tipo RC, RT, RI, RA	
FASI ESECUTIVE	Asportazione del calcestruzzo degradato*	Idrodemoliz. o scalpellatura meccanica	Idrodemoliz. o scalpellatura meccanica	Sabb. o idros. per sp. mm	Idrod. o scalp. mecc. per sp. cm	Sabbiatura
	Pulizia delle armature	Sabbiatura	Sabbiatura	Sabbiatura	Sabbiatura	Sabbiatura
	Posizionamento di armature aggiuntive	Se richiesto	Se richiesto	Se richiesto	Se richiesto	Se richiesto
	Posizionamento di rete di contrasto	per spessori > 40 mm per MT2 e MC2	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.
	Pulizia della superficie di supporto	Acqua in pressione	Acqua in pressione	Acqua a caduta o soffio d'aria compressa	Soffio d'aria compressa	
	Saturazione della superficie di supporto	Acqua in pressione	Acqua in pressione	Acqua in press. per MR1	N.R. per MR2 e MT3	N.R.
	Applicazione del materiale di ripristino	Spruzzo o rinzaffo o colaggio	Spruzzo o rinzaffo o colaggio	Spruzzo o rinzaffo	Spatolatura o colaggio o iniezione	
	Frattazzatura (sup.vert.) o staggiatura (sup.oriz.)	Richiesta	Richiesta	Richiesta	N.R.	
	Stagionatura ¹⁰	Prodotti antievaporanti o	Prodotti antievaporanti o	Prodotti antievaporanti o	N.R.	

¹⁰ Quando si devono applicare rivestimenti protettivi o trattamenti d'impermeabilizzazione si devono utilizzare prodotti antievaporanti che, dopo pochi giorni dall'applicazione, si polverizzano e siano di facile asportazione mediante lavaggio con acqua in pressione. L'adozione dei teli di plastica è limitata ai casi di protezione dei getti in climi particolarmente rigidi

		acqua nebulizzata o teli in plastica	acqua nebulizzata o teli in plastica	acqua nebulizzata o teli in plastica	
--	--	--	--	--	--

N.R Fase esecutiva non richiesta

* per i materiali ad espansione contrastata dovrà garantirsi una macro ruvidità (asperità di circa 5mm di profondità)

23.4.1 Asportazione del calcestruzzo degradato

Il Progettista stabilirà lo spessore di calcestruzzo da asportare sulla base dei risultati di un'apposita indagine preliminare. La Direzione Lavori segnalerà alla Committente eventuali difformità di degrado rispetto a quanto valutato nel progetto.

L'asportazione del calcestruzzo incoerente o degradato avverrà mediante idrodemolizione o scalpellatura meccanica eseguita mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa, adottando tutte le precauzioni necessarie ad evitare il danneggiamento delle strutture superstiti.

Le macchine idrodemolitrici dovranno avere pressione del getto d'acqua > 150 MPa e portata compresa tra 100 e 300 l/min in funzione del tipo della struttura e del calcestruzzo da asportare. Tali macchine dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione Lavori ed essere corredate di sistemi di prerogolazione con comando a distanza e di sistemi di sicurezza e di protezione, che consentano il corretto funzionamento anche in presenza di traffico, nonché il controllo delle acque di scarico, la qualità delle quali dovrà essere conforme ai limiti delle tabelle contenute nell'allegato 5 del Dlgs 152/99.

La superficie del calcestruzzo di supporto dovrà risultare macroscopicamente ruvida (asperità di circa 5 mm di profondità) allo scopo di ottenere la massima aderenza tra il nuovo ed il vecchio materiale. Tale macro ruvidità è indispensabile per i materiali ad espansione contrastata in aria e per i prodotti rapidi (MT1, MT2, MC1, MC2, MC3, MC4, B1, B2, B3, B4, B5, CE, CS).

Per le malte cementizie polimero modificate (MR1, MR2, MT3) e per i materiali a base di resina (RC, RT, RI, RA) la preparazione del supporto potrà essere effettuata anche mediante sabbiatura; non essendo necessaria la macroruvidità del supporto in quanto l'aderenza tra vecchio e nuovo si

garantisce mediante l'azione collante della resina o del polimero e non mediante il meccanismo dell'espansione contrastata; ma se lo spessore del calcestruzzo degradato è centimetrico la sabbiatura non è in grado di rimuovere tali spessori e quindi è necessario verificare se la semplice sabbiatura e l'applicazione dei materiali con essa compatibili siano in grado di arrestare i fenomeni di degrado.

23.4.2 Pulizia delle armature

I ferri di armatura del cemento armato messi a nudo in fase d'asportazione del conglomerato cementizio ammalorato dovranno essere puliti dalle scaglie di ossido mediante sabbiatura.

23.4.3 Posizionamento di armature aggiuntive

Qualora sia necessario aggiungere delle armature, queste saranno poste in opera prima della pulizia della superficie di supporto e del posizionamento dell'eventuale rete elettrosaldata di contrasto.

Dovrà essere garantito un copriferro di almeno 20 mm.

23.4.4 Posizionamento della rete elettrosaldata di contrasto

E' richiesta l'applicazione di una rete elettrosaldata di contrasto solo per le malte di tipo MT2 e MC2 quando lo spessore d'intervento è maggiore di 20 mm.

Quando si richiede l'utilizzo di rete di contrasto, questa dovrà essere ben ancorata al supporto, lo spessore minimo d'intervento non potrà essere inferiore a 40 mm, infatti la rete dovrà avere un copriferro di almeno 20 mm e dovrà essere distaccata dal supporto di almeno 10 mm, mediante l'uso di distanziatori (altrimenti si hanno minori aderenze all'interfaccia vecchi/nuovo materiale e fessurazioni in superficie per assenza di contrasto nello spessore più esterno del materiale utilizzato per il ripristino).

Nel caso sia previsto nel progetto l'utilizzo di rete elettrosaldata in barre d'acciaio inossidabile, questa dovrà avere le caratteristiche precisate in progetto.

23.4.5 Pulizia e saturazione della superficie di supporto

Per avere la certezza che il supporto sia pulito al momento dell'applicazione occorre effettuare la pulizia immediatamente prima dell'applicazione del materiale, dopo che tutte le altre operazioni di preparazione siano state ultimate.

Si dovranno pertanto asportare con i mezzi più opportuni le polveri e le parti incoerenti in fase di distacco eventualmente ancora presenti dopo l'asportazione meccanica del calcestruzzo, l'ossido eventualmente presente sui ferri d'armatura, le impurità, le tracce di grassi, oli e sali aggressivi, ottenendo così una superficie composta da un conglomerato cementizio sano, pulito e compatto.

Per l'applicazione di materiali cementizi, la pulizia della superficie di supporto, salvo le malte di tipo MR1, MR2 ed MT3 per le quali la pulizia va eseguita con aria compressa o con lavaggio con acqua a caduta, dovrà essere effettuata mediante lavaggio con acqua in pressione (80-100 MPa e acqua calda nel periodo invernale), per asportare polvere e parti incoerenti, eventualmente ancora presenti dopo la scarifica meccanica del calcestruzzo.

L'operazione di pulizia con acqua in pressione, se eseguita immediatamente prima dell'applicazione del materiale, consente anche la saturazione del calcestruzzo, comunque necessaria per una corretta applicazione dei materiali (MT1, MT2, MC1, MC2, MC3, MC4, B1, B2, B3, B4, B5, CE, CS, CF). Per l'applicazione dei materiali a base di resina (RC, RT, RI, RA) la pulizia della superficie di supporto dovrà essere effettuata mediante getto di aria compressa per asportare la polvere eventualmente presente dopo aver preparato il supporto mediante sabbiatura o idrosabbiatura.

23.4.6 Applicazione dei materiali di ripristino

Le modalità applicative variano in relazione alla tecnologia d'intervento utilizzata ed al tipo di materiale prescelto, possono comunque essere sintetizzate come segue:

I materiali cementizi sono forniti già premiscelati a secco, devono essere miscelati con acqua, escluse le malte di tipo MR2 ed MT3 che vanno impastate con il proprio polimero, nel quantitativo indicato dalle Ditte Produttrici (sarà importante non superare mai il quantitativo massimo indicato per evitare sia fenomeni di bleeding e separazione che il decadimento di tutte le prestazioni), per almeno 4-5 minuti con betoniera o con il miscelatore dell'intonacatrice secondo la seguente metodologia:

- introdurre nella betoniera o nel miscelatore il minimo quantitativo d'acqua indicato dal produttore, aggiungere il materiale contenuto nei sacchi e quindi per i materiali di tipo MT1, MT2, MC1, MC2, MC3, B1, B2, B3, B5 il ritentore di umidità liquido;
- proseguire la miscelazione per 4-5 minuti fino ad ottenere un impasto omogeneo e privo di grumi;
- se necessario, aggiungere altra acqua (senza mai superare il quantitativo massimo indicato dal Produttore) fino ad arrivare alla consistenza voluta e mescolare per altri 2 minuti.

Non è consentita la miscelazione a mano poiché questa generalmente comporta un eccesso d'acqua nell'impasto. Per miscelare piccoli quantitativi dovrà essere impiegato un normale trapano con mescolatore a frusta.

Le malte tixotropiche vanno applicate con macchina intonacatrice o manualmente con la cazzuola.

Le malte ed i betoncini colabili vanno applicati a consistenza fluida o superfluida per colaggio, nel caso di applicazione entro cassero si dovranno utilizzare casseforme che non assorbano acqua dall'impasto e che garantiscano una perfetta tenuta per evitare perdite di bocca, tali casseforme dovranno essere opportunamente fissate in modo da resistere alla spinta dei materiali a consistenza superfluida.

E' accettata l'applicazione con temperature comprese tra 5 e 40°C, al di fuori di tale intervallo l'applicazione potrà essere eseguita soltanto previa autorizzazione della D.L.

Solo i materiali per ripristini rapidi di tipo (MC4, B4) possono essere utilizzati fino a temperature di -5°C.

Quando le temperature sono tra 5 e 10°C lo sviluppo delle resistenze meccaniche è più lento, pertanto è necessario adottare i seguenti provvedimenti:

- conservare il prodotto in ambiente riparato dal freddo;
- impiegare acqua calda per l'impasto;
- iniziare le applicazioni nella mattinata;
- proteggere dall'ambiente freddo il getto coprendolo con teli impermeabili.

Per applicazioni a temperature prossime a 40°C è necessario adottare i seguenti provvedimenti:

- conservare il prodotto in luogo fresco;
- impiegare acqua fresca;
- applicare i materiali nelle ore meno calde della giornata;
- nei climi asciutti e ventilati si raccomanda di porre particolare attenzione alla stagionatura.

I materiali a base di resina devono essere miscelati ed applicati seguendo scrupolosamente le indicazioni fornite dal produttore sulle schede tecniche dei singoli prodotti.

23.4.7 Frattazzatura o staggiatura

Dopo l'applicazione dei materiali cementizi tixotropici, la superficie dovrà essere lisciata mediante frattazzatura. Tale operazione dovrà essere eseguita con molta cura nel caso delle malte che sono miscelate con acqua, infatti, una corretta frattazzatura è indispensabile per contrastare efficacemente la formazione di microfessure, derivanti dal ritiro plastico.

Per diminuire questo rischio tutte le malte tixotropiche, che sono applicate a spruzzo od a rinzaffo, devono essere provviste di fibre sintetiche poliacrilnitrili.

La frattazzatura dovrà eseguirsi dopo un certo tempo dall'applicazione in funzione delle condizioni climatiche.

L'intervallo di tempo tra l'applicazione a spruzzo e la finitura con frattazzo è stabilito in funzione del primo irrigidimento della malta che si determina quando, appoggiando una mano sulla superficie, le dita non affondano ma lasciano una leggera impronta sull'intonaco.

Le superfici esposte all'aria (vale a dire non a contatto con casseforme) dei materiali cementizi colabili possibilmente dovrebbero essere staggiate se l'operazione non è possibile, o considerata troppo onerosa, appena messe in opera devono essere stagionate con materiali specifici, che non pregiudichino l'aderenza di successivi sistemi protettivi o impermeabilizzanti, e/o protetti con teli di plastica nel periodo invernale o stagionati con acqua nebulizzata nel periodo estivo.

23.4.8 Stagionatura

Una corretta stagionatura è fondamentale per garantire una giusta maturazione e per evitare la formazione di fessure da ritiro plastico, dovute all'immediata evaporazione di parte dell'acqua d'impasto sotto l'azione del sole e del vento. Nelle opere di nuova costruzione, diventa fondamentale per la curabilità degli interventi di manutenzione.

La stagionatura potrà essere realizzata utilizzando:

- prodotti stagionanti specifici, che non diminuiscono l'aderenza di sistemi protettivi o impermeabilizzanti;
- teli;
- acqua nebulizzata.

La copertura con il curing sarà tanto più rapida quanto più caldo e secco è il clima (il curing potrà essere evitato se si usano malte con microfibre poliacrilinitrili).

La stagionatura può essere realizzata in modo semplice ed affidabile utilizzando materiali a base di resine che abbinino alla funzione di stagionante anche quella di primer per eventuali sistemi protettivi da applicare sopra il materiale di ripristino.

L'eventuale protezione delle strutture ripristinate dovrà essere eseguita secondo quanto indicato sulle schede tecniche del sistema protettivo utilizzato.

23.5 Prove e controlli

23.5.1 Macchinari e Attrezzature

La D.L. prima dell'inizio delle lavorazioni dovrà verificare attentamente che i macchinari utilizzati per l'asportazione del calcestruzzo degradato e/o contaminato, per eventuali sabbiature, per la pulizia e/o la saturazione del supporto e per l'applicazione a spruzzo dei prodotti tixotropici siano idonei ad ottenere quanto richiesto dalla Norma Tecnica generale e dal progetto in particolare.

Tali verifiche dovranno essere fatte anche in corso d'opera per verificare che tutte le fasi esecutive siano realizzate come descritto nel paragrafo 23.4 e nel progetto specifico.

23.5.2 Malte

La D.L. per l'accettazione dei materiali dovrà attenersi a quanto indicato al precedente paragrafo 23.3 e se il prodotto esaminato non dovesse rispettare i requisiti richiesti lo stesso dovrà essere sostituito.

Per i materiali ad espansione contrastata in aria, la stessa D.L. potrà eseguire, in corso d'opera, la verifica qualitativa della capacità espansiva del prodotto (test d'inarcamento/imbarcamento secondo la metodologia descritta in *allegato A*) o quantitativa (secondo UNI 8147 con maturazione dei provini in aria) e dovrà, al termine delle lavorazioni, verificare la corretta posa in opera mediante la battitura a campione delle superfici e prova di pull-off (secondo UNI EN 1542). Queste prove potranno essere ripetute con la frequenza ritenuta necessaria dalla Direzione Lavori.

In merito alla valutazione della posa in opera del materiale da ripristino (prova di pull-off) possono essere riscontrate le seguenti circostanze:

- spessore di ripristino risonante e/o staccato riscontrato mediante battitura a campione delle superfici: l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spese, alla demolizione e rifacimento delle superfici dei lotti non soddisfacenti i requisiti richiesti;
- rottura della malta nello spessore di ripristino, riscontrata mediante prova di pull-out: effettuare delle battiture delle superfici dei lotti non soddisfacenti i requisiti richiesti e se si riscontrano zone risonanti l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spese, alla demolizione e rifacimento del ripristino; nel caso in cui non ci siano zone risonanti si può ritenere conforme il ripristino;
- rottura all'interfaccia tra supporto e malta di ripristino, riscontrata mediante prova di pull-out: se l'adesione al calcestruzzo risulta non minore di 0,70 MPa¹¹ il ripristino è conforme ai requisiti richiesti.

Nel caso in cui l'adesione al calcestruzzo risulti minore di 0,70 MPa si dovrà dapprima procedere alla mappatura delle zone eventualmente risonanti. Una volta individuate queste ultime, solo se presenti, l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spese, alla demolizione e rifacimento delle stesse.

- rottura all'interno del supporto riscontrata mediante prova di pull-out; in tal caso il ripristino è conforme ai requisiti richiesti.

Le superfici ripristinate dovranno essere controllate a campione¹² (almeno il 5% per superfici estese e almeno il 10% per superfici limitate) mediante bagnatura, per ogni elemento strutturale, per verificare l'eventuale presenza di microfessure. In caso si evidenziassero microfessure sulla malta di ripristino, se l'incidenza dell'area

¹¹ 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.

¹² Per singolo elemento strutturale

fessurata risulterà inferiore al 20% dell'area totale di intervento, verrà applicata su tali superfici o volumi, la penale del 25% per tutti i prezzi e sovrapprezzi con cui è stato compensato il lavoro risultato non idoneo.

Se l'incidenza dell'area fessurata sarà superiore al suddetto 20%, l'Impresa dovrà procedere, a sua cura e spese, alla rasatura e alla protezione della superficie con filmogeni, di tipologia da concordare con la Direzione Lavori, in accordo con il Progettista.

Prove e controlli in corso d'opera e a lavori ultimati		
Malte (art. 23.5.2 delle N.T.):	Obbligatoria	Facoltativa
- Battitura a campione delle superfici	X	
- Prova di pull-off	X	
- Verifica qualitativa della capacità espansiva del prodotto		X
- Verifica quantitativa della capacità espansiva del prodotto		X

23.5.3 Calcestruzzi

Per i calcestruzzi confezionati con leganti espansivi, si prescrivono i seguenti controlli:

1. Controlli di accettazione

La D.L. per l'accettazione dei materiali dovrà attenersi a quanto indicato al precedente paragrafo 23.3. Nel caso in cui il prodotto esaminato non dovesse rispettare i requisiti richiesti lo stesso dovrà essere sostituito.

2. Controlli per la qualifica

Si eseguirà la qualifica dell'impianto di betonaggio verificando che lo stesso operi in regime certificato di qualità e che i singoli componenti della miscela di calcestruzzo siano marcati CE.

Si eseguirà la qualifica del legante espansivo relativamente ai valori di espansione, resistenza meccanica a compressione e fluidità, i quali devono risultare conformi a quanto indicato nella tabella 23.3d.

Si procederà poi con la qualifica del calcestruzzo:

- dovranno realizzarsi degli impasti di qualifica per verificare tutte le fasi di dosaggio caricamento dei componenti e di miscelazione;
- si dovranno eseguire i test di espansione secondo UNI 8148 sul calcestruzzo a 24h;
- si dovranno eseguire test di mantenimento di consistenza per tutto il tempo necessario alla messa in opera del calcestruzzo;
- si dovranno eseguire test di resistenza meccanica.

I controlli precedenti dovranno soddisfare i requisiti prestazionali della 23.3d delle norme tecniche.

Nel caso in cui il prodotto esaminato non dovesse rispettare i requisiti richiesti lo stesso dovrà essere sostituito.

3. Controlli in corso d'opera

La Direzione Lavori, durante il corso dei lavori, dovrà verificare:

4. le caratteristiche meccaniche dei calcestruzzi, così come prescritto al capitolo 11.2.5 del D.M. 14/01/2008 e C.11.2.5 della Circolare n°617 del 02/02/2009;
5. la lavorabilità, in conformità a quanto previsto nella tab. 23.2a; e potrà, qualora lo ritenga opportuno, verificare in aggiunta:
6. la verifica qualitativa della capacità espansiva del calcestruzzo (test d'inarcamento/imbarcamento secondo la metodologia descritta in allegato B);
7. la verifica qualitativa delle caratteristiche di anti-corrosione delle fibre metalliche mediante la metodologia descritta nell'allegato C.

Tutti i requisiti dovranno essere conformi a quanto indicato nella tabella 23.3d delle norme tecniche.

Nel caso in cui il prodotto esaminato non dovesse rispettare i requisiti richiesti lo stesso dovrà essere sostituito.

In merito alla valutazione della penale prevista, nel caso che la resistenza caratteristica riscontrata risultasse minore di non più del 10% rispetto a quella della classe indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto, la Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista, effettuerà una determinazione sperimentale della resistenza meccanica del conglomerato cementizio in opera e successivamente una verifica della sicurezza.

Nel caso che tale verifica dia esito positivo, il conglomerato cementizio verrà accettato, ma il lotto non soddisfacente i requisiti richiesti, verrà decurtato del 15% del suo valore.

Qualora la resistenza caratteristica riscontrata risulti minore di quella richiesta di più del 10%, l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spese, alla demolizione e rifacimento dell'opera oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi, dovranno essere formalmente approvati dalla Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista.

Nessun indennizzo sarà dovuto all'Impresa se la classe di resistenza risulterà maggiore di quella indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto.

Le superfici ripristinate dovranno essere controllate a campione¹³ (almeno il 5% per superfici estese e almeno il 10% per superfici limitate) mediante bagnatura, per ogni elemento strutturale, per verificare l'eventuale presenza di microfessure. In caso si evidenziassero microfessure, se l'incidenza dell'area fessurata risulterà inferiore al 20% dell'area totale di intervento, verrà applicata su tali superfici o volumi, la penale del 25% per tutti i prezzi e sovrapprezzi con cui è stato compensato il lavoro risultato non idoneo.

Se l'incidenza dell'area fessurata sarà superiore al suddetto 20%, l'Impresa dovrà procedere, a sua cura e spese, alla rasatura e alla protezione della superficie con filmogeni, di tipologia da concordare con la Direzione Lavori, in accordo con il Progettista.

Qualora sussistano contemporaneamente due o più difetti potrà essere richiesta dalla D.L. la rimozione delle riparazioni mal eseguite, oppure sarà applicata una detrazione a tutti i prezzi e superfici controllate pari alla somma delle penalità indicate.

¹³ Per singolo elemento strutturale

Prove e controlli in corso d'opera e a lavori ultimati

Calcestruzzi (art. 23.5.3 delle N.T.):	Obbligatoria	Facoltativa
- Controllo di qualifica (mix design)	X	
- Controllo delle caratteristiche meccaniche dei calcestruzzi	X	
- Lavorabilità	X	
- Verifica qualitativa della capacità espansiva del prodotto		X
- Verifica qualitativa delle caratteristiche di anticorrosione delle fibre metalliche		X

Allegato A - Test di inarcamento - imbarcamento su malte

Verifica qualitativa della capacità espansiva

SCOPO DELLA PROVA

Questo test è stato concepito per simulare il comportamento dimensionale di una malta da riparazione applicata su un substrato ruvido. Il test è pertanto un indicatore della variazione volumetrica/dimensionale contrastata che può subire nel tempo una malta da ripristino.

ATTREZZATURA

Si impiega la seguente attrezzatura:

1. uno stampo elastico in gomma siliconica avente dimensioni interne 10000x50x20mm;
2. un lamierino forato di contrasto avente dimensioni 10000x45x1mm e fori 8mm.



Fig. 1 - Materiali utilizzati per il test di compatibilità dimensionale



Fig. 2 - Materiali utilizzati per il test di compatibilità dimensionale

PREPARAZIONE DELLA MALTA

Si mette il lamierino forato all'interno dello stampo posto su una superficie orizzontale.

La malta per la confezione dei provini deve essere preparata seguendo le indicazioni della scheda tecnica del produttore della malta. Dopo l'impasto la malta deve essere costipata all'interno degli stampi in un unico strato.

Completato l'assestamento, si toglie il materiale in eccesso con una riga metallica e si liscia la superficie esposta con una cazzuola.

STAGIONATURA DEI PROVINI

Ultimate le operazioni di confezione, i provini negli stampi devono essere lasciati scoperti nella parte superiore esposta all'aria.

Dopo 24 ore si estraggono i provini dagli stampi in gomma e si pongono a maturare nelle stesse condizioni precedenti su una superficie orizzontale. Da questo momento in poi è possibile valutare e monitorare nel tempo l'entità della deformazione (ritiro/espansione) a cui la malta è sottoposta in condizioni di campo.

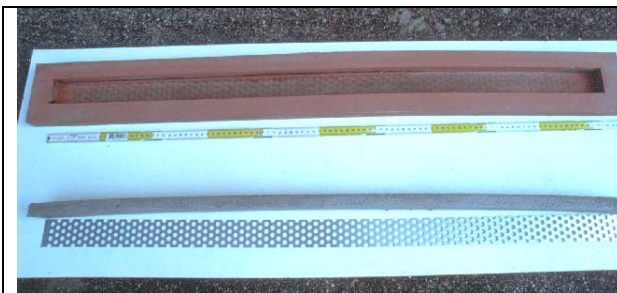


Fig. 3 - Tipico comportamento convesso di una malta che espande all'aria

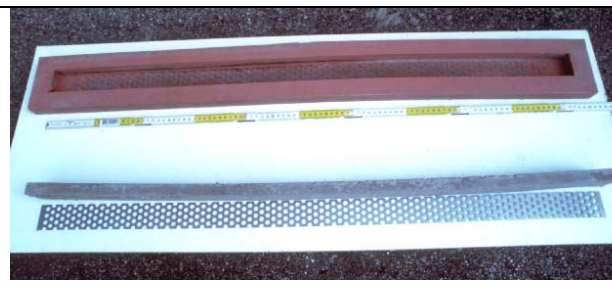


Fig. 4 - Tipico comportamento concavo di una malta che ritira all'aria

Allegato B - Test di inarcamento - imbarcamento su calcestruzzi

Verifica qualitativa della capacità espansiva

SCOPO DELLA PROVA

Questo test è stato concepito per simulare il comportamento dimensionale di un calcestruzzo di tipo CE, CS, CF che prevedere l'espansione in ambiente umido, prelevando il materiale direttamente dall'autobetoniera.

La metodologia e le modalità di test sono simili a quelle indicate in ALLEGATO A, variano solamente la tipologia di miscela da testare e le modalità di maturazione.

ATTREZZATURA

Si impiega la seguente attrezzatura :

- 1 - uno stampo elastico in gomma siliconica avente dimensioni interne 1000x5x2cm
- 2 - un lamierino forato di contrasto avente dimensioni 1000x4,5x0,1cm e fori di diametro 0,8cm;
- 3 - un vaglio di maglia 4 mm.

PREPARAZIONE DELLA MISCELA

Si immette il lamierino forato all'interno dello stampo posto su una superficie orizzontale.

Si deve estrarre dal materiale presente in autobetoniera un quantitativo sufficiente di impasto, e procedere poi ad eliminarne l'aggregato grosso mediante una semplice vagliatura con vaglio di maglia 4 mm, ottenendo quindi una sorta di malta senza aggregato di diametro superiore a 4 mm.

Dopo l'impasto la miscela deve essere costipata all'interno degli stampi in un unico strato.

Completato l'assestamento, si toglie il materiale in eccesso con una riga metallica e si liscia la superficie esposta con una cazzuola.

STAGIONATURA DEI PROVINI

Ultimate le operazioni di confezione, i provini negli stampi devono essere lasciati scoperti nella parte superiore esposta all'aria.

Dopo 10 ore dall'impasto il provino va scasserato ed immerso in acqua fino al raggiungimento delle 24 ore dalla miscelazione.

è possibile valutare e monitorare nel tempo l'entità della deformazione (ritiro/espansione) a cui la miscela è sottoposta in condizioni di campo.



Esempio di risultato di inarcamento di miscela test

Allegato C - Test di corrosione delle fibre metalliche

Verifica qualitativa delle caratteristiche di protezione anticorrosione delle fibre metalliche

SCOPO DELLA PROVA

Questo test è stato concepito per verificare il comportamento anticorrosivo delle fibre metalliche. Il test è pertanto un indicatore della tendenza alla corrosione o meno di tali fibre.

ATTREZZATURA

Si impiega la seguente attrezzatura:

1. soluzione al 5% di acqua e cloruro di sodio (comune sale da cucina, circa 5 gr di sale su 100 gr di acqua)
2. contenitore di piccole dimensioni tale da contenere circa 10 fibre e circa 20 cl di soluzione di cui al punto 1.

PREPARAZIONE DELLE FIBRE

Si dovranno estrarre circa 10 fibre dalla miscela secca in polvere (quindi prima della miscelazione con acqua) e pulirle per togliere ogni traccia di polvere e separarle.

ESECUZIONE DELLA PROVA

Immergere completamente le fibre preparare nella soluzione indicata al punto 1 in un contenitore di dimensioni idonee per un minuto circa. Estrarre le fibre ed esporle in aria in ambiente con elevata umidità relativa (indicativamente maggiore del 90%).

VERIFICA DEI RISULTATI

Dopo 48 ore si andranno a visionare le fibre la presenza di tracce di corrosione, valutando le situazioni evidenziate nelle fotografie successive.



Fibre anticorrosione, prova superata



Fibre corrodibili, prova non superata

23.6 Sistemi protettivi filmogeni e sistemi rasanti millimetrici

23.6.1 Generalità

L'applicazione di sistemi filmogeni è la tecnica che si utilizza per proteggere l'elemento strutturale dall'aggressione di agenti aggressivi esterni quando attraverso le indagini si è accertata una delle seguenti situazioni:

- la struttura risulta ancora in buone condizioni e senza degrado superficiale, ancorché le indagini abbiano rivelato la presenza di uno spessore di calcestruzzo carbonatato, purché inferiore al copriferro;
- la struttura risulta ancora in buone condizioni e senza degrado superficiale, anche se le indagini hanno rilevato che sono iniziati fenomeni di corrosione nelle armature.

L'applicazione di sistemi protettivi filmogeni viene utilizzata anche quando si realizzano interventi di ripristino localizzati sia per equilibrare i potenziali elettrochimici delle armature, che per migliorare l'aspetto estetico. Si deve infatti evitare che parti di armatura avvolte da conglomerato di qualità diversa da punto a punto, vengano nuovamente a trovarsi in condizioni tali da generare nuove pile e reinnescare il processo di corrosione.

L'applicazione di sistemi protettivi ha scopo di impedire o ritardare l'insorgere dei fenomeni che possono portare alla fessurazione, allo sgretolamento, al dilavamento, al rigonfiamento, alla delaminazione od al distacco di parti di calcestruzzo.

Il sistema protettivo deve essere capace di costituire uno schermo verso l'ambiente impedendo da un lato la penetrazione degli aggressivi, dall'altro quella dell'acqua e dell'ossigeno, che contribuiscono alle reazioni che causano il degrado delle strutture.

In casi specifici è possibile impiegare, in luogo dei sistemi filmogeni sopra esposti, sistemi protettivi superficiali di tipo rasanti a spessori millimetrici, costituiti da malte a base cementizie bicomponenti. Il fine ed i requisiti dei sistemi rasanti è equivalente di quello dei protettivi filmogeni ovvero di protezione contro l'ingresso di aggressivi esterni; generalmente si utilizza il sistema rasante, in luogo del filmogeno, in

quelle porzioni di struttura in cui si deve garantire una maggiore efficacia del sistema di protezione stesso, ovvero quando si richiede un maggior livello di protezione dall'attacco di agenti aggressivi esterni. Per sua natura il sistema protettivo rasante realizza uno schermo fisico di maggiore spessore rispetto ai trattamenti filmogeni e garantisce elevata performance in termini di crack bridging delle fessure, grazie alla sua natura elastica.

23.6.2 Definizione e scelta dei sistemi protettivi

La scelta dei sistemi protettivi filmogeni deve essere effettuata in funzione del tipo di struttura, dell'elemento da proteggere ed in funzione del grado di aggressione a cui è sottoposto, il progetto indicherà il sistema da adottare, in accordo con le specifiche delle presenti Norme.

Nei paragrafi seguenti sono individuati i requisiti, le caratteristiche e le prestazioni, con le relative fasi esecutive e di controllo del sistema protettivo prescelto.

Protezione di ponti, viadotti e cavalcavia

Di tipo PP sistema protettivo elastico a base poliuretanic (ciclo alifatico) applicabile a rullo o con airless su qualsiasi tipo di elemento strutturale dove sia richiesto un elevatissimo grado di protezione. Costituito da un primer epossipoliamicidico con spessore di 50 μm e da una finitura a base di elastomeri poliuretanic alifatic applicata in due differenti spessori in funzione del grado di protezione desiderata:

Con 200 μm di spessore si ottiene:

- la protezione contro l'ingresso di CO_2 , acqua liquida, cloruri;
- la resistenza ai raggi UV, ai cicli di gelo e disgelo anche in presenza di sali disgelanti;

Con 300 μm di spessore si ottiene:

- la protezione contro l'ingresso di CO_2 , acqua liquida, cloruri;
- la resistenza ai raggi UV, ai cicli di gelo e disgelo anche in presenza di sali disgelanti;

- una Crack bridging ability relativa a cavillature già presenti sul supporto di apertura < 300 µm;

Di tipo PA sistema protettivo elastico a base acrilica in acqua, applicabile a rullo o con airless su qualsiasi tipo di elemento strutturale dove sia richiesto un elevato grado di protezione ma non indicato su elementi strutturali a contatto permanente con acqua, è particolarmente utilizzato per la protezione di superfici in ambiente chiuso in quanto non contiene solventi mentre è sconsigliata l'applicazione in periodo invernale in quanto le basse temperature ne rallentano l'indurimento. Costituito da un primer acrilico in acqua con spessore di 50 µm e finitura acrilica in acqua applicata in due differenti spessori in funzione del grado di protezione desiderata:

Con 200 µm di spessore si ottiene:

- la protezione contro l'ingresso di CO₂, acqua liquida, cloruri;
- la resistenza ai raggi UV, ai cicli di gelo e disgelo anche in presenza di sali disgelanti;

Con 300 µm di spessore si ottiene:

- la protezione contro l'ingresso di CO₂, acqua liquida, cloruri;
- la resistenza ai raggi UV, ai cicli di gelo e disgelo anche in presenza di sali disgelanti;
- una Crack bridging ability relativa a cavillature già presenti sul supporto di apertura < 300 µm;

Di tipo PM protettivo rigido monocomponente a base di metacrilati applicabile a rullo o con airless utilizzabile ove sia richiesto un buon grado di protezione senza alcun performance di Crack bridging ability. Costituito da un primer a base di metacrilati con spessore di 50 µm e finitura a base di metacrilati applicata in spessore di 100 µm;

Protezione di strutture idrauliche

Di tipo PE sistema protettivo rigido epossipoliamicco applicabile a rullo o con airless. Costituito da primer epossipoliamicco con spessore di 50 µm e finitura epossipoliamicca può essere applicato in funzione del grado di protezione richiesto:

- protezione media per canali, tombini ed opere in alveo (pile, fondazioni, muri di sponda, briglie ecc.) su corsi d'acqua caratterizzati da pendenza < 5% e con trasporto solido di diametro < 10 mm è richiesto uno spessore della finitura pari a 400 µm;
- protezione elevata per canali, tombini ed opere in alveo (pile, fondazioni, muri di sponda, briglie ecc.) su corsi d'acqua caratterizzati da pendenza > 5% e con trasporto solido di diametro > 10 mm è richiesto uno spessore della finitura pari a 600 µm;

Di tipo PC sistema protettivo elastico costituito da malta bicomponente elastica a base di leganti cementizi a grana fine, polimero modificata in dispersione acquosa. La malta, che si presenta di colore grigio chiaro, è applicabile a spruzzo con pompa su qualsiasi tipo di elemento strutturale dove sia richiesto un elevato grado di protezione, indicato anche su elementi strutturali a contatto permanente con acqua.

E' sconsigliata l'applicazione in periodo invernale alle basse temperature e comunque in generale deve essere rispettata l'indicazione specifica riportata nelle schede tecniche del prodotto prescelto, in quanto alle basse temperature generalmente viene compromessa la capacità di protezione superficiale.

Con l'applicazione di 2mm di spessore di malta si ottiene:

- la protezione contro l'ingresso di CO₂, acqua liquida, cloruri;
- la resistenza ai cicli di gelo e disgelo anche in presenza di sali disgelanti;
- La protezione nei confronti di penetrazione degli agenti aggressivi esterni (acqua libera e cloruri) nelle fessure e/o cavillature presenti nel calcestruzzo (crack bridging sia statico che dinamico).

In particolare il prodotto prescelto applicato in spessore minimo di 2mm dovrà essere in grado di incrementare significativamente la durabilità della struttura, contrastando la penetrazione dell'anidride carbonica (carbonatazione) per un periodo superiore a 50 anni; tale requisito deve risultare o essere desumibile dalla scheda tecnica di prodotto.

Tabella 24.1 - Sistemi protettivi

	per ponti, viadotti e cavalcavia					per strutture idrauliche			
Prot. Tipo	PP		PA		PM	PC	PE		PC
	Elevatissima		Elevata		Media	Elevatissima	Elevata	Media	Elevata
Spessore	primer 50 µm + finitura 300 µm	primer 50 µm + finitura 200 µm	primer 50 µm + finitura 300 µm	primer 50 µm + finitura 200 µm	primer 50 µm + finitura 100 µm	2mm	primer 50 µm + finitura 600 µm	primer 50 µm + finitura 400 µm	2mm

23.7 Requisiti e metodi di prova

Come viene riportato nella norma UNI EN 1504/2 la protezione pellicolare filmogena di strutture in c.a. consente di:

- proteggere dall'ingresso dell'aggressivo;
- incrementare la resistività elettrica mediante limitazione del tenore di umidità.

Affinché il sistema protettivo possa assolvere a tali funzioni deve essere caratterizzato dai seguenti requisiti:

- **Capacità di barriera:** è la capacità del sistema protettivo di isolare il calcestruzzo dagli aggressivi presenti nell'ambiente, si riferisce principalmente all'acqua liquida, agli ioni cloruro, all'anidride carbonica, ed all'ossigeno, che partecipano attivamente ai processi di corrosione; nei riguardi di queste sostanze la pellicola di protettivo deve naturalmente risultare il più possibile resistente.
- **Resistenza ai raggi ultravioletti:** indica la capacità del protettivo a non virare di colore ed ad invecchiare all'esposizione dei raggi UV;
- **Permeabilità al vapore d'acqua:** la pellicola, sulle strutture aeree (fuori terra) dovrà risultare il più permeabile possibile al vapore d'acqua proveniente dall'interno della struttura; in caso contrario con il variare della temperatura possono generarsi pressioni di vapore all'interfaccia pellicola/calcestruzzo, capaci di causarne il distacco.

- **Aderenza:** è la capacità del sistema protettivo di aderire nel tempo al supporto, ruolo fondamentale in tal senso svolge il primer quale promotore di adesione tra il supporto cementizio ed il rivestimento protettivo. Tali primer sono formulati di resina in forma liquida, monocomponenti oppure bicomponenti (base + induritore) e si applicano a rullo oppure mediante apparecchiatura a spruzzo di tipo airless per spessori di circa 50 µm.
- **Crack bridging ability:** è la capacità di mantenere integra la pellicola attraverso cavillature (< 300 µm) già esistenti nel conglomerato, che normalmente variano di apertura con le variazioni termiche e con il ritiro.
- **Resistenza all'abrasione:** indica la capacità di resistere all'usura sotto l'azione di azioni abrasive quali pedonabilità, traffico, contatto con acqua in movimento contenete solidi più o meno grossi.

Nella tabella sono indicati i principali requisiti ed i corrispondenti metodi di prova mediante i quali è possibile la caratterizzazione prestazionale dei sistemi protettivi filmogeni.

Tabella 24.2a - Requisiti e metodi di prova

REQUISITI E METODI DI PROVA	PROTETTIVI DI TIPO			
	PP	PA	PM	PE
Adesione al calcestruzzo	UNI EN 1542			
Permeabilità al vapor d'acqua	UNI EN ISO 7783/1 UNI EN ISO 7783/2			
Permeabilità alla CO ₂	UNI EN 1062/6			
Crack bridging ability	EN 1062/7	-----		
Resistenza al gelo-disgelo con sali disgelanti	UNI EN 13687/1			
Permeabilità all'acqua (assorbimento capillare)	UNI EN 1062/3			
Invecchiamento artificiale (2000 ore UV e umidità relativa)	UNI EN 1062/11			
Resistenza all'abrasione	-----	UNI EN ISO 5470/1		

23.8 Accettazione e specifiche prestazionali dei sistemi protettivi

Fermo restando tutto quanto previsto all'art. 167 del Regolamento, si precisa che, in concomitanza con la consegna dei Lavori, l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori le specifiche dei materiali che intende utilizzare. Tali specifiche dovranno essere corredate da

certificazioni rilasciate da Laboratori Ufficiali attestanti la rispondenza dei prodotti alle specifiche tecniche del Capitolato Speciale d'Appalto. Successivamente la Direzione Lavori in tempo utile rispetto al programma lavori esprimerà il suo parere (accettazione o rifiuto dei materiali proposti), potendo, qualora lo ritenga opportuno anche avendo accettato i materiali proposti, prescrivere l'esecuzione di prove su campioni di materiali prelevati in contraddittorio presso Laboratori Ufficiali.

Nel caso in cui l'Appaltatore intenda utilizzare materiali privi di tale certificazione, la Direzione Lavori dovrà richiedere, con onere a carico dell'Appaltatore, l'effettuazione di prove presso Laboratori Ufficiali.

Le Società Produttrici devono possedere certificazione di qualità ai sensi della normativa UNI EN ISO 9001 e possedere un manuale della Qualità.

La D.L. su indicazione del Committente, potrà richiedere che il Produttore fornisca, congiuntamente al materiale, una dichiarazione che attesti le prestazioni specifiche della partita di materiale che viene consegnato di volta in volta.

Nella tabella seguente si riportano le specifiche tecniche dei protettivi filmogeni (PM, Pa, PP e PE).

Tabella 24.3a - Prestazioni dei sistemi protettivi

REQUISITI	PROTETTIVI DI TIPO			
	PM	PA	PP	PE
Adesione al calcestruzzo	> 3 MPa	> 2 MPa	> 3 MPa	> 3 MPa
Permeabilità al vapor d'acqua: - coefficiente di diffusione al vapore - spessore di aria equivalente	$\mu < 32.000$ Sd < 3,2 m (sp.100 μm)	$\mu < 1.000$ Sd < 0,3 m (sp.300 μm)	$\mu < 6.000$ Sd < 1,8 m (sp.300 μm)	$\mu < 60.000$ Sd < 36 m (sp.600 μm)
Permeabilità alla CO ₂ - coefficiente di diffusione alla CO ₂ - spessore di aria equivalente	$\mu > 1.000.000$ Sd > 100 m (sp.100 μm)	$\mu > 700.000$ Sd > 140 m (sp.200 μm)	$\mu > 1.300.000$ Sd > 260 m (sp.200 μm)	$\mu > 1.500.000$ Sd > 600 m (sp.400 μm)
Crack bridging ability ¹⁴	-----	100 μm	100 μm	-----
Resistenza al gelo-disgelo con sali disgelanti - aderenza al calcestruzzo per trazione diretta dopo i cicli	> 3 MPa	> 2 MPa	> 3 MPa	> 3 MPa
Permeabilità all'acqua ¹⁵	< 0,08	< 0,1	< 0,005	< 0,005

¹⁴ Spessore del protettivo 300 μm

(assorbimento capillare)	kg·m ² ·h ^{-0,5}	kg·m ² ·h ^{-0,5}	kg·m ² ·h ^{-0,5}	kg·m ² ·h ^{-0,5}
Invecchiamento artificiale	Nessun degrado	Nessun degrado	Nessun degrado	Schiarimen. colore
Resistenza all'abrasione	Perdita in peso < 500 mg	-----		Perdita in peso < 500 mg

Con riferimento alle malte a base cementizie utilizzabili come protettivi rasanti superficiali, le specifiche tecniche da rispettare sono di seguito elencate:

- Adesione al cls (UNI EN 1542):
 - o dopo 28 gg a +20°C ≥ 1.00MPa;
 - o dopo 7 gg a +20°C e 50% U.R. +21 gg in acqua ≥ 0.60MPa;
- Elasticità espressa come allungamento (DIN 53.504 mod.):dopo 28gg a +20°C e 50% U.R. (%) 30
- Permeabilità al vapor d'acqua (UNI EN-ISO 7783-1) - spessore d'aria equivalente SD=2.1m / m=1.16
- Permeabilità all'anidride carbonica (CO2) (UNI EN 1062-6) - diffusione di spessore d'aria equivalente S_{DCO2} > 50m (K=7.6mm*anno^{1/2} con uno spessore di 2mm di prodotto applicato su un supporto di calcestruzzo con rapporto a/c=0.50);
- Impermeabilità all'acqua libera (kg/m²*h^{0.5}) W < 0,02, Classe III (bassa permeabilità) EN 1062-1.
- Capacità di fare ponte alle fessure (crack bridging ability) - UNI EN 1062/7:
 - o Statica misurata a +23°C: Classe A3 (apertura della fessura a 0,50 mm);
- Compatibilità termica ai cicli di gelo e disgelo con sali disgelanti (EN 13687/1), misurata come adesione secondo EN 1542 ≥ 0.80MPa;
- Reazione al fuoco (EN 13501-1) Euroclasse: E.

¹⁵ Si ritiene che se l'assorbimento capillare risulta essere < 0,01 kg·m²·h^{-0,5} non vi sia alcuna diffusione dello ione Cloro

23.9 Preparazione del supporto e modalità d'applicazione del sistema protettivo

23.9.1 Protettivi Filmogeni

La preparazione del calcestruzzo di supporto dovrà essere eseguita mediante sabbiatura sia per eliminare dalla superficie eventuali contaminanti, disarmanti e/o particelle in fase di distacco, che per aumentare l'aderenza del protettivo grazie ad una microruvidità superficiale, seguita da pulizia con aria compressa immediatamente prima della applicazione.

Qualora il supporto presenti vespai od altre imperfezioni superficiali si dovrà provvedere al risanamento mediante rasatura con malte di tipo MR1 come descritto nell'art. 23.

Quando il supporto presenta veri e propri degradi, ammaloramenti profondi, si dovrà asportare il calcestruzzo degradato e/o contaminato e provvedere al risanamento con malte o betoncini cementizi premiscelati ad espansione contrastata in aria come descritto nell'art. 23. Quando il sistema protettivo viene applicato sul materiale di ripristino la superficie può non essere sabbiata.

Pulizia della superficie

Tutte le superfici su cui verrà applicato il protettivo dovranno essere pulite mediante aria compressa o lavaggio a caduta.

La Direzione Lavori si riserva comunque di approvare i risultati ottenuti dalla preparazione del supporto. Tale approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Impresa relativa al raggiungimento dei requisiti finali del rivestimento protettivo in opera.

Applicazione del sistema protettivo (primer + finitura)

La temperatura di applicazione sia per i primers che per le finiture dovranno essere quelle riportate sulle schede tecniche dei prodotti prescelti.

Al momento dell'applicazione del primer la superficie del supporto dovrà essere asciutta. Nel caso di eventi piovosi o in generale eventi che

possano portare ad una bagnatura del supporto, l'applicazione dovrà essere posticipata ed effettuata solo con supporto visivamente asciutto.

I primers e le finiture potranno essere applicate sia con airless che con rullo.

Il tempo intercorrente tra l'applicazione di strati successivi dovrà essere conforme a quanto riportato sulle schede tecniche del prodotto.

L'applicazione della finitura dovrà avvenire preferibilmente a spruzzo mediante airless; è consentita l'applicazione a pennello od a rullo solo nel caso di protezione di superfici d'estensione limitata.

L'applicazione della finitura sul primer dovrà avvenire nelle seguenti condizioni ambientali:

- temperatura $\geq 5^{\circ}\text{C}$,
- umidità $< 85\%$
- assenza di condensa sul primer (temperatura della superficie almeno 3°C superiore al punto di rugiada).

Non è consentito l'utilizzo di solventi se non entro i limiti espressamente indicati dal produttore; anche il solvente da utilizzarsi dovrà essere dichiarato idoneo dal produttore del protettivo.

Lo spessore del sistema protettivo indicato nel progetto si intende sempre come spessore di film secco, ossia a rivestimento indurito.

Il prodotto non deve provocare inconvenienti d'alcun genere agli applicatori che comunque durante la miscelazione e l'applicazione dovranno indossare guanti, occhiali ed idonei indumenti di lavoro.

In particolare il prodotto non deve contenere idrocarburi clorurati, metanolo, benzene ed altre sostanze d'analogia o maggiore tossicità.

23.9.2 Protettivi Rasanti

La preparazione del calcestruzzo di supporto nel caso di superfici di calcestruzzo ripristinate con malte di cui agli articoli precedenti o nel caso di superfici di nuovi getti, dovrà essere eseguita in maniera idonea al fine di eliminare ogni traccia di contaminante, disarmante,

sporco, polvere, eventuali verniciature preesistenti e quant'altro possa inficiare l'adesione della membrana cementizia elastica al calcestruzzo da trattare. In tal senso ed in tali casi la pulizia deve avvenire con idrolavaggio.

Nel caso di superfici leggermente degradate si dovrà preliminarmente procedere alla pulizia tramite sabbiatura sia per eliminare dalla superficie eventuali contaminanti, disarmanti e/o particelle in fase di distacco, che per aumentare l'aderenza del protettivo grazie ad una microruvidità superficiale, seguita da pulizia con aria compressa immediatamente prima della applicazione.

Qualora il supporto presenti vespai od altre imperfezioni superficiali si dovrà provvedere al risanamento mediante rasatura con malte di tipo MR1 come descritto nell'art. 23.

Quando il supporto presenta veri e propri degradi, ammaloramenti profondi, si dovrà asportare il calcestruzzo degradato e/o contaminato e provvedere al risanamento con malte o betoncini cementizi premiscelati ad espansione contrastata in aria come descritto nell'art. 23. Quando il sistema protettivo viene applicato sul materiale di ripristino la superficie può non essere sabbiata.

Pulizia della superficie

Tutte le superfici su cui verrà applicato il protettivo dovranno essere pulite mediante aria compressa o lavaggio a caduta.

La Direzione Lavori si riserva comunque di approvare i risultati ottenuti dalla preparazione del supporto. Tale approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Impresa relativa al raggiungimento dei requisiti finali del rivestimento protettivo in opera.

Applicazione del sistema protettivo

La temperatura di applicazione dovrà essere conforme a quanto riportato sulle schede tecniche dei prodotti prescelti.

Nel caso di eventi piovosi o in generale eventi che possano portare a dilavare lo strato fresco di protettivo, l'applicazione dovrà essere posticipata ed effettuata solo con supporto visivamente asciutto.

Il sistema protettivo rasante potrà essere applicato sia a mano con spatola liscia che con spruzzatrice meccanica.

Il tempo intercorrente tra l'applicazione in almeno 2 mani successive dovrà essere conforme a quanto riportato sulle schede tecniche del prodotto. Lo spessore del protettivo applicato dovrà essere pari almeno a 2mm.

L'applicazione della mano di finitura dovrà avvenire preferibilmente con spruzzatrice; è consigliata l'applicazione a pennello od a rullo solo nel caso di protezione di superfici d'estensione limitata.

Si devono inderogabilmente rispettare le indicazioni riportate nelle schede tecniche dei prodotti prescelti per quanto attiene alle modalità di impasto della malta bicomponente, del tempo massimo che può intercorrere tra l'impasto e la stesa in opera del prodotto stesso.

Lo spessore del sistema protettivo indicato nel progetto si intende sempre come spessore di malta secca, ossia a rivestimento indurito.

Il prodotto non deve provocare inconvenienti d'alcun genere agli applicatori che comunque durante la miscelazione e l'applicazione dovranno indossare guanti, occhiali ed idonei indumenti di lavoro.

In particolare il prodotto non deve contenere sostanza alcuna che possa provocare tossicità.

23.10 Prove, controllo delle prestazioni e degli spessori, penali

La D.L. per l'accettazione dei materiali dovrà attenersi a quanto indicato al precedente paragrafo 24.3. Nel caso in cui il prodotto esaminato non dovesse rispettare i requisiti richiesti lo stesso dovrà essere sostituito.

La D.L. prima dell'inizio delle lavorazioni dovrà verificare attentamente che i macchinari utilizzati per sabbiatura del calcestruzzo, per la pulizia del supporto e per l'applicazione dei sistemi protettivi siano

idonei ad ottenere quanto richiesto dalla Norma Tecnica generale e dal progetto in particolare.

Tali verifiche dovranno essere fatte anche in corso d'opera per verificare che tutte le fasi esecutive siano realizzate come descritto nel paragrafo 24.4, nel progetto specifico e come riportato sulle schede tecniche dei prodotti utilizzati.

Nel caso di protettivi filmogeni in corso d'opera la Direzione Lavori, qualora lo ritenga opportuno e con la frequenza ritenuta necessaria, potrà verificare la corretta posa in opera del rivestimento protettivo mediante la misurazione dello spessore del film umido (con spessimetro a pettine) o in alternativa sul film secco (spessimetro a correnti parassite) nonché l'adesione al supporto (prova di pull-out UNI EN 1542). In caso di esecuzione di tali prove possono essere riscontrate le seguenti circostanze:

- se dalla prova di misurazione dello spessore del film, risultassero valori medi inferiori rispetto a quelli richiesti, l'Impresa dovrà procedere, a sua cura e spese, all'integrazione del protettivo, con modalità e tipologia da concordare con la Direzione Lavori;
- se dalla prova di adesione al supporto (mediante prova per trazione diretta o prova di quadrettatura), risultassero valori non conformi rispetto a quelli richiesti, per il lotto non soddisfacente i requisiti richiesti, l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spese, all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi, dovranno essere formalmente approvati dalla Direzione Lavori.

Prove e controlli in corso d'opera e a lavori ultimati		
Protettivi (art. 24.5 delle N.T.):	Obbligatoria	Facoltativa
- Misurazione dello spessore del film umido (con spessorimetro a pettine)		X
- Misurazione dello spessore del film secco (spessorimetro a correnti parassite)		X
- Prova di adesione al supporto (per trazione diretta)		X

- Prova di adesione al supporto (prova di quadrettatura)	X
---	---

Nel caso di protettivi rasanti in corso d'opera la Direzione Lavori potrà effettuare i controlli in piena libertà e secondo tutto quanto esposto in precedenza nel caso di protettivi filmogeni. Nella fattispecie D.L. potrà verificare la corretta posa in opera del rivestimento protettivo mediante la misurazione dello spessore della malta umida (con spessimetro a pettine) o in alternativa sul malta secca (campionatura e misurazione diretta dello spessore) nonché l'adesione al supporto (prova di pull-out UNI EN 1542).

Valgono tutte le azioni correttive che la D.L. potrà prescrivere all'Appaltatore nel caso in cui i controlli dessero esito negativo.

Art. 24 Acciaio per c.a. e c.a.p.

1.1 Generalità

Gli acciai per armature di c.a. e c.a.p. devono corrispondere ai tipi ed alle caratteristiche stabilite dal D.M. vigente (D.M. 14/01/2008, norma emanata in applicazione dell'art. 21 della Legge 5/11/1971 n.1086) ed alle indicazioni delle norme armonizzate EN 10080 secondo quanto previsto dal D.M. 15/05/06 per i materiali da costruzione.

Le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova sono quelle previste dal citato D.M. in vigore.

E' ammesso esclusivamente l'utilizzo di acciai qualificati e dotati di marcatura CE ai sensi del Regolamento UE n°305/2011; inoltre ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marcatura indelebile.

L'unità di collaudo per acciai per c.a. e c.a.p. è costituita dal lotto di spedizione del peso max di 30 t spedito in un'unica volta e composta da prodotti aventi grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione). Ogni fornitura di peso inferiore a 30 t deve essere considerata un'unità di collaudo indipendente così come ogni fornitura di prodotti aventi caratteristiche differenti o realizzati con processi produttivi differenti anche se provenienti dallo stesso stabilimento.

Ogni carico di acciaio giunto in cantiere dovrà essere corredato della copia dell'attestato di qualificazione del S.T.C. (Servizio Tecnico Centrale Min. Infrastrutture) sul prodotto di origine, del documento di trasporto dell'acciaieria, della marcatura di origine; nel caso in cui la fornitura provenga da un commerciante o da un centro di trasformazione intermedio dovrà essere inoltre presente il documento di trasporto del fornitore e nel secondo caso la specifica marcatura che identifica in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso.

Qualora così non fosse, tutto il carico sarà rifiutato ed immediatamente allontanato, a cura e spese dell'Appaltatore, dal cantiere stesso.

24.1 Acciaio in barre ad aderenza migliorata qualificato - Fe B450C e B450A (ex Fe B44K)

E' ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili ad aderenza migliorata qualificati e controllati con le modalità previste dal D.M. in

vigore (D.M. 14/01/2008) e dalle norme armonizzate per i materiali da costruzione EN 10080.

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

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

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

		Classe A	Requisito o frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} o $f_{0.2k}$ (MPa)		≥ 450	5.0
Tensione caratteristica di rottura F_{tk} (MPa)		≥ 540	5.0
Valore minimo di $k = (f_t/f_{yk})$ (*)		> 1.05	10.0
Deformazione caratteristica al carico massimo, ϵ_{uk} (%) (*)		≥ 2.5	10.0
Attitudine al piegamento		Prova di piegamento/raddrizzamento	

Tolleranza massima dalla massa nominale (%)	Diametro nominale della barra (mm) ≤ 8 > 8	± 6.0 ± 4.5	5.0
---	---	------------------------	-----

Per quanto concerne l'accertamento delle caratteristiche meccaniche i valori di resistenza ed allungamento di ogni campione, devono essere compresi fra i valori massimi e minimi riportati nella tabella seguente relativa ai valori di accettazione:

caratteristiche	Valore limite	Note
f_y minimo	425 N/mm ²	(450-25) N/mm ²
f_y massimo	572 N/mm ²	[450x(1.25+0.02)] N/mm ²
A_g minmo	$\geq 6.0\%$	Per acciai B450C
A_g minmo	$\geq 2.0\%$	Per acciai B450A
Rottura/snervamento	$1.13 \leq f_r / f_y < 1.37$	Per acciai B450C
Rottura/snervamento	$f_r / f_y \geq 1.03$	Per acciai B450A
Piegamento/raddrizzamento	Assenza di cricche	Per tutti

24.1.1 Controlli

I controlli sulle barre di acciaio ad aderenza migliorata (B450C e B450A), devono essere eseguiti secondo le indicazioni del D.M. in vigore.

Resta nella discrezionalità della Direzione Lavori effettuare tutti gli eventuali ulteriori controlli ritenuti opportuni.

Prove e controlli in corso d'opera su Acciai per c.a. (B450C e B450A)		
Acciai B450C e B450A (art. 25 delle N.T.):	Obbligatoria	Facoltativa
- Rilevazione del marchio di identificazione del materiale	X	
- Prova di trazione per la verifica della tensione di snervamento (f_y), di rottura (f_t) e dell'allungamento percentuale a rottura (A_{gt})	X	
- Prova di Piegatura	X	

24.1.2 Connessioni tra le barre

Le connessioni fra le barre di armatura dovranno essere realizzate con le seguenti modalità:

- Legatura con filo di ferro ricotto
- Saldature eseguite in conformità alle norme vigenti sulle saldature e previa verifica della compatibilità del metallo di apporto
- Manicotti filettati (dovranno in ogni caso essere utilizzati prodotti omologati).

24.2 Reti in barre di acciaio elettrosaldate

Le reti saranno realizzate con acciaio in barre ad aderenza migliorata saldabili del tipo previsto al par. 24.2 di diametro compreso fra 6 e 16 mm per quelle costituite con acciaio B450C e, di diametro compreso fra 5 e 10 mm per quelle costituite con acciaio B450A.

L'interasse delle barre non deve superare 330 mm.

I nodi (incroci) delle reti devono resistere ad una forza di distacco determinata in accordo con la UNI EN ISO 15630-2 e pari al 25% della forza di snervamento della barra, da computarsi per quella di diametro maggiore.

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

I controlli in cantiere sono obbligatori e devono essere effettuati con le medesime procedure di cui al punto 24.2.

24.3 Zincatura a caldo degli acciai

24.3.1 Qualità degli acciai da zincare a caldo

Gli acciai da sottoporre al trattamento di zincatura a caldo dovranno avere tenori di silicio e fosforo tali per cui il valore del "silicio equivalente Si_{eq} ", definito convenzionalmente dalla UNI 10622, sia $\leq 0,35\%$ (quando $0,12 \leq Si \leq 0,26\%$ e $P \leq 0,045\%$); possono altresì essere ritenuti idonei alla zincatura gli acciai a tenore di silicio equivalente $\leq 0,11\%$ (quando $Si \leq 0,4\%$).

Infine gli acciai ad aderenza migliorata dovranno aver garanzia di saldabilità e composizione chimica conforme ai valori previsti dal D.M. in vigore (D.M. 14/1/2008) per acciai di qualità B450C e B450A .

24.3.2 Zincatura a caldo per immersione

24.3.2.1 *Trattamento preliminare*

Comprende le operazioni di sgrassaggio decapaggio, risciacquo, flussaggio, essiccamento e preriscaldamento a 400÷430 K.

24.3.2.2 *Immersione in bagno di zinco*

Dovrà essere impiegato zinco vergine o di prima fusione in pani da fonderia, corrispondente alla designazione Zn 98,5 della UNI 2013. Il bagno di zinco fuso dovrà avere temperatura compresa tra 710÷723 K; in nessun caso dovrà essere superata la temperatura massima di 730 K.

Il tempo di immersione delle barre nel bagno di zinco sarà variabile in funzione del loro diametro e del peso del rivestimento in zinco: la massa di zinco per unità di superficie (espressa in g/mq) non deve essere minore di 468 g/mq ($\cong 65 \mu\text{m}$) per il tondo di diametro 5 mm e di 540 g/mq ($\cong 75 \mu\text{m}$) per diametri maggiori e comunque non superiore 1070 g/mq ($\cong 150 \mu\text{m}$).

Seguirà il trattamento di cromatazione, se previsto in Progetto, per impedire eventuali reazioni tra le barre e il calcestruzzo fresco.

Dopo l'immersione nel bagno di zinco fuso, il prodotto può essere sottoposto ad un'azione di asciugatura con aria compressa e/o con vapore per rimuovere il metallo fuso in eccesso dalla superficie per meglio garantire la continuità e l'uniformità dello spessore del rivestimento di zinco.

24.3.2.3 *Finitura ed aderenza del rivestimento*

Le caratteristiche del rivestimento dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

▪ Aspetto:

Il rivestimento sui prodotti zincati a caldo deve essere compatto ed uniforme, privo di zone scoperte, di bolle, di macchie di flusso, di inclusioni, di scorie, di macchie acide o nere; possono essere ammesse delle discontinuità nello spessore di zinco con ispessimenti, in particolare alla base delle nervature, pur nel rispetto dei parametri di forma delle norme di prodotto di riferimento per barre ad aderenza migliorata.

▪ Adesione:

Il rivestimento di zinco deve essere ben aderente alle barre di armatura, in modo da non poter essere rimosso da ogni usuale processo di movimentazione, lavorazione e posa in opera.

▪ Massa di zinco:

La massa di zinco per unità di superficie dovrà corrispondere ai requisiti del punto 6.3.4 delle norme UNI 10622.

▪ Continuità del rivestimento:

La continuità del rivestimento deve essere tale che il valore caratteristico dello spessore del rivestimento sia maggiore o uguale a 360 g/mq (circa 50 µm).

In seguito alle operazioni di zincatura, le barre non devono presentarsi incollate fra loro; barre eventualmente incollate fra di loro e barre che presentano gocce e/o punte aguzze saranno rifiutate.

24.3.2.4 Verifiche

Le verifiche saranno condotte per unità di collaudo costituite da partite del peso max di 20 t.

Oltre alle prove previste ai punti 24.2 e 24.3, dirette a verificare la resistenza dei materiali, dovranno essere effettuate anche le prove di seguito descritte, per verificare la rispondenza del trattamento di zincatura alle prescrizioni delle norme tecniche di riferimento (UNI 10622).

In primo luogo la Direzione Lavori procederà in contraddittorio con l'Appaltatore ad un'accurata ispezione visiva della partita per accertare lo stato della zincatura.

In presenza di zone scoperte o di altre irregolarità superficiali le partite saranno rifiutate e l'Appaltatore dovrà allontanarle dal cantiere a sua cura e spese.

Per ciascuna unità di collaudo saranno prelevati 6 saggi (spessori da barre o rotoli) differenti e su ognuno di essi sarà prelevato il numero di provette sufficienti ad effettuare le seguenti prove:

- 1) su tutti i 6 saggi le prove relative alla resistenza meccanica, di cui al capoverso precedente
- 2) su tre saggi i controlli sul rivestimento di zinco di seguito riportati:

- Misurazione delle nervature e controllo dei parametri di forma secondo quanto stabilito dalle norme di riferimento relative alle barre di armatura ad aderenza migliorata.

- Determinazione dell'adesione del rivestimento di zinco mediante una prova di piegamento o di non fragilità (secondo norma di riferimento per barre da c.a.); dopo tale prova il rivestimento non deve presentare nella zona di massima curvatura distacco del rivestimento di zinco.
- Determinazione della massa di zinco: per la determinazione della massa di zinco per unità di superficie possono essere impiegati due metodi:
 - a) Metodo per dissoluzione chimica (distruttivo) secondo UNI 5741 (metodo di Aupperle).
 - b) Misura magnetica dello spessore del rivestimento (non distruttiva) secondo la UNI ISO 2178.
- Verifica dell'uniformità del rivestimento: l'uniformità dello strato di zincatura sarà verificato con il metodo di prova della UNI 5743 (Metodo di Preece).

Se le caratteristiche richieste ad ogni unità di collaudo non soddisfano quanto sopra prescritto si deve effettuare una nuova serie di prove su un campionamento doppio del numero originario per ogni prova. Le unità non accettabili, per qualsiasi carenza, saranno rifiutate e dovranno essere allontanate dal cantiere a cura e spese dell'Appaltatore.

24.3.2.5 Qualificazione

La marcatura deve consentire l'identificazione sia del produttore dell'elemento base che dello stabilimento di zincatura: pertanto, nel caso in cui la zincatura venga effettuata su prodotti già qualificati all'origine, dotati quindi di marcatura indelebile, deve essere prevista una marcatura aggiuntiva che identifichi lo stabilimento di zincatura.

24.3.2.6 Lavorazione

Il trattamento di zincatura a caldo potrà essere effettuato prima o dopo la lavorazione e piegatura delle barre, salvo diversa prescrizione che la Direzione Lavori si riserva d'impartire in corso d'opera. Quando la zincatura è effettuata prima della piegatura, eventuali scagliature del rivestimento di zinco nella zona di piegatura ed i tagli dovranno essere trattati con ritocchi di primer zincante organico bicomponente dello spessore di $80 \div 100 \mu\text{m}$

24.4 Acciai inossidabili

E' ammesso l'impiego di acciai inossidabili per armature di cemento armato purchè le caratteristiche meccaniche siano conformi alle prescrizioni relative agli acciai da c.a. di cui al paragrafo 24.2 (nelle tabelle al temine ft, relativo alla tensione di rottura, andrà sostituito il termine f7%, ossia la tensione corrispondente ad un allungamento Agt = 7%).

Nel rispetto di quanto sopra detto, gli acciai inossidabili dovranno essere del tipo austenitico denominati con le sigle 1.4306 e 1.4435 della classificazione UNI EN 10088.

La composizione chimica (analisi di colata) degli acciai inossidabili per c.a. sarà quella prevista al prospetto 3 delle norma UNI EN 10088, di cui si riporta uno stralcio:

Sigla UNI EN 10088	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo
1.4306	\leq 0,03%	$<$ 2,0%	\leq 1,0%	\leq 0,045%	\leq 0,03%	18÷2 0	10÷12	-
1.4435	\leq 0,03%	$<$ 2,0%	\leq 1,0%	\leq 0,045%	\leq 0,03%	17÷1 9	12.5÷ 15	2.5 ÷ 3

La saldabilità di tali acciai va documentata attraverso prove di saldabilità certificata da un laboratorio autorizzato (ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n°380/2001) ed effettuate secondo gli specifici procedimenti di saldature, da utilizzare in cantiere o in officina, previsti dal produttore. Dovranno inoltre risultare positivi gli esiti delle seguenti prove:

- piegamento e raddrizzamento su mandrino;
- indice di aderenza eseguito secondo il metodo "Beam Test".

Per i controlli da effettuare in cantiere vale quanto previsto al par. 24.2.

24.5 Acciaio per c.a.p.

E' ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati CE secondo le procedure previste dal D.M. in vigore (14/01/2008)

24.5.1 Fili, barre, trecce, trefoli

L'acciaio per armature da precompressione è generalmente fornito sotto forma di:

- Filo: Prodotto trafilato di sezione piena che possa fornirsi in rotoli

- Barra: Prodotto laminato di sezione piena che possa fornirsi soltanto in forma rettilinea
- Treccia: 2 o 3 fili avvolti ad elica intorno al loro comune asse longitudinale
- Trefolo: fili avvolti ad elica intorno ad un filo rettilineo completamente ricoperto dai fili elicoidali

I fili possono essere tondi o di altra forma, non è consentito l'impiego di fili lisci nelle strutture precomprese ad armature pretese. Le barre possono essere lisce, a filettatura continua o parziale, con risalti. La marcatura dei prodotti sarà generalmente costituita da sigillo o etichettatura sulle legature e dovrà essere conforme a quanto previsto dal D.M. in vigore. Gli acciai possono essere forniti in rotoli (fili, trecce, trefoli), in bobine (trefoli), in fasci (barre). I fili devono essere forniti in rotoli di diametro tale che all'atto dello svolgimento, allungati al suolo su un tratto di 10m, non presentino curvatura con freccia superiore a 400 mm; il produttore deve indicare il diametro minimo di avvolgimento. Ciascun rotolo di filo deve essere esente da saldature; sono ammesse le saldature di fili destinati alla produzione di trecce e di trefoli se effettuate prima della trafilatura, mentre per i trefoli sono ammesse saldature anche durante l'operazione di cordatura purché tali saldature siano opportunamente distanziate e sfasate. Allo scopo di assicurare la centratura dei cavi nelle guaine si prescrive l'impiego di una spirale costituita da una treccia di acciaio armonico del diametro di 6 mm, avvolta intorno ad ogni cavo con passo di 80÷100 cm. I filetti delle barre e dei manicotti di giunzione dovranno essere protetti fino alla posa in opera con prodotto antiruggine privo di acidi. Se l'agente antiruggine è costituito da grasso, è necessario sia sostituito con olio prima della posa in opera per evitare che all'atto dell'iniezione gli incavi dei dadi siano intasati di grasso. All'atto della posa in opera gli acciai devono presentarsi privi di ossidazione, corrosione, difetti superficiali visibili, pieghe. Non è ammessa in cantiere nessuna operazione di raddrizzamento.

24.5.1.1 Caratteristiche dinamiche, fisiche e geometriche.

Gli acciai per armature da precompressione devono possedere proprietà meccaniche garantite dal produttore non inferiori a quelle di seguito riportate ed in conformità al D.M. in vigore (D.M. 14/01/2008):

Tipo di acciaio	Barre	Fili	trefoli	trefoli a fili sagomati	Trecce
Tensione caratteristica di rottura f_{ptk} (MPa)	≥ 1000	≥ 1570	≥ 1860	≥ 1820	≥ 1900

Tensione caratteristica allo 0.1% di deformazione residua $f_{p(0.1)k}$ (MPa)	---	≥ 1420	---	---	---
Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale $f_{p(1)k}$ (MPa)	---	---	≥ 1670	≥ 1620	≥ 1700
Tensione caratteristica di snervamento f_{pyk} (MPa)	≥ 800	---	---	---	---
Allungamento sotto carico massimo A_{gt} (MPa)	$\geq 3,5$	$\geq 3,5$	$\geq 3,5$	$\geq 3,5$	$\geq 3,5$

Il produttore dovrà controllare la composizione chimica e la struttura metallografia al fine di garantire le proprietà meccaniche prescritte.

24.5.1.2 Controlli nei centri di trasformazione

I controlli nei centri di trasformazione sulle armature da c.a.p., devono essere eseguiti secondo le indicazioni del D.M. in vigore.

24.5.1.3 Controlli di accettazione in cantiere

I controlli in cantiere sulle armature da c.a.p. devono essere eseguiti secondo le indicazioni del D.M. in vigore.

Resta comunque nella discrezionalità del Direttore dei Lavori la facoltà di effettuare tutti gli eventuali controlli ritenuti opportuni, in accordo con le modalità previste dal D.M. in vigore.

24.5.2 Cavo inguainato monotrefolo

Dovrà essere di tipo compatto, costituito da trefolo in fili di acciaio a sezione poligonale, controllati in stabilimento, rivestito con guaina tubolare in polietilene ad alta densità, intasata internamente con grasso anticorrosivo ad alta viscosità, stabile ed idoneo all'uso specifico.

Le caratteristiche dell'acciaio, i controlli, lo spessore della guaina dovranno essere conformi a quanto previsto nel presente Capitolato Speciale e a quanto riportato negli elaborati di Progetto.

L'Appaltatore dovrà sottoporre alla preventiva approvazione della Direzione Lavori il sistema proposto per l'ingrassaggio, l'infilaggio e l'eventuale sostituzione dei trefoli.

24.5.3 Ancoraggi dell'armatura di precompressione

Per gli ancoraggi è ammesso solo l'utilizzo di prodotti omologati.

Gli ancoraggi terminali dell'armatura di precompressione dovranno essere conformi ai disegni di Progetto, composti essenzialmente da piastre di ripartizione e apparecchi di bloccaggio.

Per i cavi inguainati monotrefolo le piastre di ripartizione dovranno essere in acciaio zincato, a tenuta stagna; i cappellotti di protezione terminali dovranno essere zincati e provvisti di guarnizione in gomma antiolio, da calzare sui

cilindretti e fissare con viti zincate ai terminali riempiti con grasso dopo la tesatura dei trefoli.

Art. 25 Acciaio per carpenteria

25.1 Generalità

L'Appaltatore sarà tenuto all'osservanza della legge 05.11.71 n.1086, della legge 02.02.74 n.64 e delle prescrizioni cui al paragrafo 11.3.4 "Acciai per costruzioni metalliche e per strutture composte" delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.08 che si intende qui integralmente richiamato. Per quanto applicabili e non in contrasto con le suddette Norme, si richiama qui espressamente anche la seguente Norma UNI 10011 relativa alle costruzioni in acciaio, recante istruzioni per il calcolo, l'esecuzione e la manutenzione. Al fine di uniformare la progettazione e costruzione degli impalcati a struttura mista, si richiede di prevedere l'impiego di travi Corten per quanto attiene alle opere d'arte dell'asse autostradale. Per quanto riguarda i cavalcavia autostradali, è invece previsto l'impiego di travi in acciaio non autoprotetto e verniciate.

25.2 Classificazione dei tipi di acciaio secondo EN10025

Si riepiloga lo schema sintetico di designazione:

- S simbolo S: acciaio per impiego strutturale;
- 355 indicazione del carico unitario di snervamento minimo prescritto per spessori ≤ 16 mm, espresso in N/mm²;
- J0, J2, K2 designazione della qualità relativamente alla saldatura ed ai valori di resilienza prescritti;
- W indicazione di acciaio CORTEN;
- +N, +AR stato di fornitura a discrezione del produttore;

25.3 Approvvigionamento materiali da costruzione.

Tutti i materiali impiegati dovranno essere qualificati e marcati CE ai sensi del Regolamento UE n°305/2011.

Sarà ammesso solo l'uso di acciai con caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle dell'acciaio S355 secondo quanto previsto dalle norma EN 10025 (è ammesso l'uso di acciai CORTEN).

La marcatura dovrà risultare leggibile ed il produttore dovrà accompagnare la fornitura con l'attestato di controllo e la dichiarazione che il prodotto è qualificato.

L'Appaltatore dovrà esibire gli ordini effettuati per i materiali da impiegare contenenti le specifiche tecniche richieste a Progetto, i controlli e le certificazioni cui i materiali stessi dovranno essere sottoposti. In particolare, se non diversamente indicato a Progetto, le lamiere dovranno essere approvvigionate con tolleranza sullo spessore classe A UNI EN 10029.

Insieme con gli ordini emessi l'Appaltatore dovrà esibire le relative conferme d'ordine da parte del produttore, con esplicita accettazione delle specifiche tecniche richieste e indicazione dei tempi di consegna.

Qualora l'Appaltatore impieghi materiale giacente a magazzino ne dovrà fornire la documentazione d'origine del Produttore.

25.3.1 Disegni di fabbricazione

Prima dell'approvvigionamento dei materiali l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori, in copia riproducibile, i disegni di fabbricazione controfirmati, redatti dall'Appaltatore in conformità al Progetto esecutivo ed alle specifiche tecnologie utilizzate dall'officina e contenenti tutti i dettagli costruttivi che saranno realizzati.

L'Appaltatore dovrà inoltre consegnare una relazione di calcolo contenente la verifica dell'idoneità degli eventuali dettagli modificati proposti, le modalità di montaggio e varo con indicazione di schemi statici transitori e con le verifiche complete della struttura durante le operazioni di montaggio.

I disegni di fabbricazione consegnati dall'Appaltatore dovranno in particolare contenere le seguenti indicazioni:

- diametri e classi dei bulloni impiegati; di regola si dovranno impiegare bulloni sia normali che ad alta resistenza dei seguenti diametri: D = 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 27 mm. E' ammesso solo l'uso di bulloni neri; i bulloni zincati sono ammessi solo per esplicita accettazione del progettista ed in ogni caso devono essere ordinati specificatamente per zincatura (ossia il bullone deve essere costruito per la zincatura a caldo);
- tipologia del collegamento se ad attrito o a taglio; in particolare per i giunti ad attrito saranno impiegati bulloni precaricati a serraggio controllato; è ammesso l'uso di bulloni HRC a serraggio controllato meccanicamente (con rottura del codolo) secondo quanto previsto dalle norme armonizzate EN 14399-10 e, per quanto non in contrasto con la suddetta norma, le norme NF E 25-812
- diametri dei fori in funzione dei bulloni e della tipologia di collegamento;
- coppie di serraggio;
- elementi di posizionamento dei pioli di collegamento travi/soletta, con particolare attenzione ad evitare possibili interferenze con i tralicci delle coppelle, soprattutto per gli impalcati in curva. E' ammesso solo l'utilizzo di pioli elettrosaldati tipo Nelson secondo norme UNI EN ISO 13918 in acciaio ex ST 37-3K (S235J2G3+C450) con caratteristiche meccaniche a rottura, snervamento e duttilità non inferiori a
 - $f_y > 350$ MPa
 - $f_u > 450$ MPa
 - Allungamento $> 15\%$
 - Strizione $> 50\%$

- principi di esecuzione delle coppelle e distribuzione dei relativi tralicci di armatura
- dettagli delle saldature con indicazione delle dimensioni, nel caso dei cordoni d'angolo e di parziali penetrazioni;
- indicazione dei giunti d'officina e dei giunti in opera;
- controfrecce d'officina;
- schemi e fasi di montaggio con indicazione completa delle eventuali opere provvisoriale necessarie;

In particolare, per quanto riguarda le saldature, i disegni di fabbricazione dovranno riportare tutti i parametri tecnologici significativi, ovvero:

- procedimenti di saldatura
- preparazioni dei lembi
- materiali d'apporto
- quaderno di saldatura, in accordo a NTC 2008, contenente come minimo:
 - specifiche di procedimento di saldatura (WPS) e relative qualifiche (WPAR);
 - qualifica dei saldatori e operatori di saldatura
- specifiche tecniche di fabbricazione, controllo e collaudo.

I disegni di fabbricazione dovranno essere corredati di distinta materiali contenente, numero, qualità, dimensioni, provenienza e peso teorico di ciascun elemento costituente la struttura. Dovranno inoltre far riferimento a disegni di montaggio che indichino la collocazione del singolo elemento e che consentano alla Direzione Lavori il controllo di rispondenza rispetto al Progetto esecutivo.

Il Progetto così completato sarà sottoposto da parte dell'Appaltatore all'approvazione dell'I.I.S. o di altro Ente terzo consulente di fiducia della Direzione Lavori e da questa espressamente autorizzato. In particolare, la Direzione Lavori stabilirà il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire sulle saldature, sia in corso d'opera che ad opera finita, in conformità alla UNI EN ISO 3834 e a quanto stabilito dalle Norme Tecniche per le costruzioni (di cui al D.M. in vigore) e tenendo conto delle eventuali raccomandazioni dell'Ente di consulenza e/o del Collaudatore. Si suggerisce che il tipo e l'estensione dei controlli richiesti dalla Direzione Lavori siano i seguenti:

- controllo visivo secondo EN 970 al 100% di tutte le saldature;
- controllo magnetoscopico secondo EN ISO 17638 al 20% di tutte le saldature (le zone del controllo saranno scelte in base all'esito dell'esame visivo);
- controllo ultrasonoro al 100% secondo EN 1714 dei giunti a piena penetrazione trasversali e dei giunti tecnici;
- controllo ultrasonoro al 50% secondo EN 1714 dei restanti giunti a piena penetrazione.

Tali controlli non distruttivi saranno eseguiti dall'Istituto Italiano della Saldatura (o da altro Ente terzo consulente di fiducia) su incarico diretto

della Direzione Lavori, e non sollevano il Centro di Trasformazione dall'obbligo di eseguire i controlli non distruttivi previsti all'interno del Sistema Qualità UNI EN ISO 9001 / UNI EN ISO 3834.

Il tipo e l'estensione dei controlli a cura del Centro di Trasformazione saranno stabiliti dalla Direzione Lavori per ciascuna opera e dovranno essere indicati nel piano di fabbricazione e controllo emesso dal Costruttore per approvazione. Dovrà essere indicato altresì un criterio di estensione dei controlli in caso di difetti.

Gli ordini per gli approvvigionamenti dei materiali dovranno essere emessi dopo l'approvazione da parte della Direzione Lavori dei disegni di fabbricazione presentati dall'Appaltatore.

25.4 Lavorazioni di officina

Una volta emesso l'ordine di approvvigionamento del materiale, le lavorazioni di officina, intese come prefabbricazione delle carpenterie metalliche, verranno comunque precedute da due ulteriori fasi di controllo, una documentale ed una di collaudo dei materiali.

25.4.1 Presentazione documentazione tecnica

Prima di dar corso alle lavorazioni l'Appaltatore dovrà sottoporre alla Direzione Lavori la seguente documentazione:

- piano di fabbricazione e controlli, che riassumerà tecnologie, metodologie e sistemi di controllo utilizzati dall'officina per garantire la qualità attesa;
- piano di utilizzo e rintracciabilità dei materiali approvvigionati, con riferimento a:
 - posizioni e marche di officina
 - marcatura di qualificazione del prodotto cui al paragrafo 11.3.1 "Prescrizioni comuni a tutte le tipologie di acciaio" delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.08.
 - estremi di identificazione dei relativi documenti di collaudo

25.4.2 Collaudo tecnologico di stabilimento.

Tutti i materiali destinati alla costruzione di strutture in acciaio dovranno essere collaudati prima dell'inizio delle rispettive lavorazioni, con riferimento al piano di fabbricazione.

Particolare attenzione verrà posta nei controlli di assenza di sfogliature ed inclusioni con riferimento a dettagli costruttivi che contemplino azioni ortogonali al piano di laminazione.

E' fatto obbligo all'Appaltatore di avvertire la Direzione Lavori dell'arrivo nella sua officina dei materiali che saranno impiegati nella costruzione e di concordare con la Direzione Lavori la data di ciascuna operazione di collaudo. Le prove sui materiali si svolgeranno presso i Laboratori Ufficiali indicati dalla Direzione Lavori.

La Direzione Lavori potrà, a suo insindacabile giudizio, autorizzare l'effettuazione delle prove presso i laboratori degli stabilimenti di produzione, purché questi siano forniti dei mezzi e delle attrezzature necessarie, tarate e controllate da un Laboratorio Ufficiale, ai sensi dell'art. 20 della legge 05/11/1971 n. 1086.

L'entità dei lotti da sottoporre a collaudo, il numero e le modalità di prelievo dei campioni, saranno di regola conformi alle norme UN EN ISO377, UNI 552, UNI EN 1002-1, UNI EN 10045-1. La Direzione Lavori ha comunque la facoltà di prelevare in qualunque momento della lavorazione campioni di materiali da sottoporre a prova presso laboratori di sua scelta per verificarne la rispondenza alle Norme di accettazione ed ai requisiti di Progetto.

Si precisa che tutti gli acciai dei gradi JR, JO, J2, K2 da impiegare nelle costruzioni dovranno essere sottoposti, in sede di collaudo tecnologico, al controllo della resilienza. Per ogni operazione di collaudo sarà redatto apposito verbale, che sarà firmato dalla Direzione Lavori e dall'Appaltatore.

Di questo verbale sarà consegnato l'originale alla Direzione Lavori.

Un'altra copia sarà conservata dall'Appaltatore che avrà l'obbligo di esibirla a richiesta della Direzione Lavori, come specificato al successivo paragrafo.

25.4.3 Prefabbricazione

Le lavorazioni di officina saranno effettuate secondo quanto previsto nell'apposito Piano di fabbricazione.

Per quanto riguarda le tolleranze esecutive si fa riferimento alla norma UNI EN 1090, parti 1 e 2, se non diversamente indicato a Progetto. Eventuali deroghe adeguatamente motivate, dovranno essere esplicitamente approvate dalla Direzione Lavori. Deroghe non esplicitamente autorizzate, ancorché contenute nel piano di fabbricazione, non saranno accettate.

Per ciascuna opera singola o per prototipi di ciascuna serie di opere è prescritto il premontaggio in officina. Eventuali deroghe dovranno essere esplicitamente autorizzate dalla Direzione Lavori.

Alla Direzione Lavori è riservata comunque la facoltà di eseguire in ogni momento della lavorazione tutti i controlli che riterrà opportuni per accertare che i materiali impiegati siano quelli collaudati, che le strutture siano conformi ai disegni di Progetto e che le stesse siano eseguite a perfetta regola d'arte.

In particolare l'Appaltatore dovrà attenersi alle seguenti disposizioni:

- il raddrizzamento e lo spianamento, quando necessari, devono essere fatti preferibilmente con dispositivi agenti per pressione.
- possono essere usati i riscaldamenti locali (caldo), secondo le indicazioni della UNI EN 1090-2, purché programmati in modo da evitare eccessive concentrazioni di tensioni residue e di deformazioni permanenti. I trattamenti termici non sono ammessi, in generale, per acciai termomeccanici.
- La saldatura in zone formate a freddo deve rispettare quanto indicato in UNI EN 1993-1-8

- è ammesso il taglio a ossigeno purché regolare.
- i tagli irregolari devono essere ripassati con la smerigliatrice;
- i fori per bulloni devono essere eseguiti col trapano con assoluto divieto dell'uso della fiamma e presentare superficie interna cilindrica liscia e priva di screpolature e cricche; per le giunzioni con bulloni (normali e ad alta resistenza), le eventuali sbavature sul perimetro del foro dovranno essere asportate mediante molatura locale;
- l'uso di punzonatrici deve essere esplicitamente ammesso a Progetto. Ne è consentito l'uso in forature ridotte di almeno 2 mm e successivamente alesate a diametro definitivo
- i bulloni ad alta resistenza, nel caso di collegamenti a taglio, non dovranno avere il gambo filettato per l'intera lunghezza; la lunghezza del tratto non filettato dovrà essere in generale maggiore di quella delle parti da serrare e si dovrà sempre far uso di rosette sotto la testa e sotto il dado; è tollerato che non più di mezza spira del filetto rimanga compresa nel foro;

Non sono ammesse unioni a taglio per gli elementi soggetti a vibrazioni e/o inversione di sforzo. Per gli elementi di controvento e di diaframma soggetti ad inversione di carico i collegamenti bullonati dovranno comunque essere verificati ad attrito, almeno per la quota parte di carico alternato dovuta alle azioni variabili da traffico. Nelle unioni ad attrito le superfici dovranno presentarsi pulite, prive cioè di olio, grasso, calamina, vernice.

Per coefficienti di attrito superiori a 0.3 si dovranno presentare adeguati test a comprova del coefficiente proposto, ed in ogni caso per superfici verniciate.

Al riguardo si fa riferimento ai codici UNI EN 1993-1-1, UNI EN 1993-1-8, UNI EN 1090-1.

25.5 Montaggio

L'Appaltatore sottoporrà al preventivo benestare della Direzione Lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando la piena responsabilità dell'Appaltatore stesso per quanto riguarda l'esecuzione delle operazioni di montaggio, la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle.

Il sistema prescelto potrà essere in alternativa a quello previsto a Progetto purché ne rispetti i livelli di sicurezza e sia idoneo a consentire la realizzazione della struttura in conformità alle disposizioni contenute nel Progetto esecutivo ed in accordo ai tempi contrattuali.

Il Progetto di montaggio deve contenere una descrizione esauriente del metodo e una dichiarazione dei livelli di sicurezza ottenuti. Dovrà dare evidenza, fra l'altro, dei seguenti aspetti:

- posizione e tipologia dei giunti di cantiere
- massima dimensione e peso dei singoli pezzi
- portata e raggio d'azione delle gru previste, con verifica dei relativi scarichi a terra

- identificazione di eventuali azioni orizzontali derivanti dal sistema di montaggio e di azioni verticali eccedenti i valori di Progetto
- accessori per garantire accessi e operazioni sicure
- sequenza di montaggio e descrizione delle varie fasi
- verifiche di stabilità nelle fasi transitorie
- requisiti di controventature e/o pile provvisorie
- condizioni per la rimozione delle strutture provvisorie
- evidenza delle condizioni di particolare rischio
- controfrecce, compreso i valori da controllare in via transitoria
- fasi di getto delle solette per strutture miste acciaio/cls

- Il montaggio non potrà iniziare finchè il cantiere per i lavori di costruzione non soddisfi i requisiti del piano di sicurezza

- Prima di dar corso alla posa in opera degli impalcati dovrà essere consegnato alla Direzione Lavori un verbale di verifica del piano di posa degli stessi controfirmato dall'Appaltatore e dall'eventuale Subappaltatore, in segno di manifesta accettazione. In particolare si fa riferimento alle tolleranze di posa previste dalle norme UNI EN 1090, parti 1 e 2.

- Prima del posizionamento in opera degli impalcati, indipendentemente dal metodo di varo, si dovranno controllare:

- geometria di assemblaggio di ogni singolo concio
- accoppiamento tra conci contigui
- geometria di controventi e diaframmi, con verifica delle tolleranze foro/bullone
- controllo a spot degli spessori impiegati
- acquisizione dei certificati di approvazione da parte di Ente terzo di eventuali giunti saldati di cantiere e relative specifiche di saldatura
- controlli di serraggio e relative superfici di accoppiamento per eventuali giunti bullonati eseguiti a piè d'opera

A fine posa in opera degli impalcati e prima di dar corso alle fasi di getto delle solette in c.a., si dovrà controllare quanto segue :

- corrispondenza tra irrigidenti d'anima e asse appoggi
- contromonte residue
- verifica delle reazioni con martinetti idraulici

Relativamente alle modalità di montaggio ed al controllo dei bulloni si farà riferimento alla norma EN 1090-2.

Nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente fossero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;

- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, e tramvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprassuolo e di sottosuolo.

Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito e il montaggio delle strutture, si dovrà porre la massima cura per evitare che siano deformate o soprasollecitate.

Le parti a contatto con funi, catene ed altri organi di sollevamento dovranno essere opportunamente protette, tenuto conto tra l'altro che tutte le strutture, prima di essere trasferite a piè d'opera, devono essere trattate in officina con sabbiatura e, per le strutture con acciaio non autoprotetto, con una mano di primer.

Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di Progetto.

In particolare, per quanto riguarda le strutture a travata, si dovrà controllare che la controfreccia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio siano conformi alle indicazioni di Progetto, rispettando le tolleranze previste, con particolare riferimento alle norme UNI EN 1090, parti 1 e 2.

La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui.

Nei collegamenti con bulloni si dovrà procedere alla alesatura di quei fori che non risultino centrati e nei quali i bulloni previsti in Progetto non entrino liberamente.

Se il diametro del foro alesato risulta superiore al diametro nominale del bullone oltre la tolleranza prevista dalle norme in vigore, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con uno di diametro superiore (per sostituzione di bulloni M27 è ammesso l'uso di bulloni M30).

Le superfici di contatto al montaggio, nei collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza devono presentarsi pulite, prive di olio, scaglie di laminazione, macchie di grasso. Eventuali vernici saranno ammesse soltanto se previste a Progetto ed in conformità ai relativi test per la verifica del coefficiente di attrito.

È ammesso il serraggio dei bulloni con chiave idraulica purché questo sia controllato con chiave dinamometrica, la cui taratura dovrà risultare da certificato rilasciato da Laboratorio Ufficiale in data non anteriore a tre mesi.

Per ogni unione con bulloni l'Appaltatore effettuerà, alla presenza della Direzione Lavori, un controllo di serraggio sul numero di bulloni indicato dalla Direzione Lavori e comunque non inferiore al 10% del totale ed in ogni caso su non meno di quattro; se anche un solo bullone non rispondesse alle prescrizioni di serraggio, il controllo dovrà essere esteso a tutti i bulloni. Soltanto in

caso di bulloni a precarico garantito meccanicamente il serraggio sarà controllato visivamente.

Dopo il completamento della struttura e prima della esecuzione della prova di carico, l'Appaltatore dovrà effettuare la ripresa della coppia di serraggio di tutti i bulloni costituenti le unioni dandone preventiva comunicazione alla Direzione Lavori.

Per i cavalcavia l'assemblaggio ed il montaggio in opera delle strutture dovrà essere effettuato senza che sia interrotto il traffico sulla sede autostradale già in esercizio, salvo brevi interruzioni durante le operazioni di sollevamento, da concordare con la Direzione Lavori.

Nel caso le solette in c.a. siano realizzate mediante l'impiego di coppelle prefabbricate, queste dovranno essere costituite da cls della stessa classe della soletta gettata in opera o superiore. Dovranno inoltre essere sottoposte a prova di carico, nello stabilimento di produzione, con un carico corrispondente al getto in opera incrementato del 50 %. Le frecce di prova dovranno essere inferiori alle corrispondenti teoriche ed i residui inferiori al 10 % delle frecce reali massime, con incrementi nulli per successive ripetizioni di carico. Prima di dar corso al getto in opera si dovranno controllare :

- numero e diametro dei ferri
- materiale dei ferri di armatura
- entità dei copriferri reali

Il getto della soletta dovrà essere effettuato secondo le fasi di getto previste a Progetto. Eventuali modifiche dovranno essere esplicitamente ammesse dal progettista.

25.6 Verniciature

25.6.1 Generalità

Ai sensi di quanto riportato al capitolo 10 delle norme UNI EN 1090-1, tutte le superfici delle strutture in acciaio dovranno essere protette contro la corrosione; la realizzazione della protezione potrà avvenire mediante uno dei due cicli di verniciatura definiti nel presente articolo a seconda che trattasi di superfici in vista o di superfici interne (da prevedersi solo nel caso di cassoni chiusi).

Entrambi i cicli saranno preceduti da un'accurata preparazione mediante sabbiatura.

Particolare cura dovrà essere posta nel trattamento delle superfici in corrispondenza delle giunzioni ad attrito per impedire qualsiasi infiltrazione all'interno dei giunti.

Non saranno accettati prodotti vernicianti che non siano rispondenti alle caratteristiche ed ai requisiti prescritti, restando a totale ed esclusivo carico dell'Appaltatore l'asportazione e la sostituzione di verniciature che non risultassero idonee. Le verniciature dovranno essere eseguite in condizioni d'ambiente idonee alle caratteristiche dei prodotti impiegati.

Non si dovrà procedere ai trattamenti quando temperatura ed umidità dell'aria superano le soglie minima e massima proprie di ciascun prodotto.

Non si dovrà procedere all'applicazione di uno strato fino a che quello precedente non sia perfettamente essiccato.

Tutti gli strati dovranno essere protetti da pioggia o bagnatura in genere per un periodo minimo di 18 h dall'applicazione.

Gli strati dovranno avere tonalità di colore diverse per consentire il controllo della loro applicazione.

Per entrambi i cicli: quello per le superfici in vista e quello per le superfici interne, l'applicazione dovrà essere effettuata secondo lo schema che segue, salvo diverse disposizioni formalmente impartite dalla Direzione Lavori:

a. In officina, a lavorazioni ultimate:

- Sabbiatura di tutte le superfici;
- Applicazione a pennello su tutte le zone che presentano tagli e saldature;
- Applicazione di uno strato di 150µ ad airless di vernice ferromicacea alluminio "Surface Tollerant".

b. In opera, ad avvenuto completamento del montaggio:

- Spazzolatura delle zone da ritoccare;
- Ritocchi con il primo strato del ciclo, spessore equivalente;
- Applicazione strato di finitura.

E' consentito per le zone di giunti bullonati ad attrito la sabbiatura e la verniciatura con zincante inorganico di spessore consono al coefficiente di attrito richiesto a Progetto e che dovrà essere adeguatamente certificato con prove di scorrimento.

25.6.2 Accettazione dei prodotti vernicianti - Garanzie

Ad avvenuta consegna dei lavori e prima di dare corso ai cicli di verniciatura previsti, l'Appaltatore dovrà consegnare alla Direzione Lavori campioni di tutti i prodotti vernicianti componenti i due cicli, con i relativi diluenti, in contenitori sigillati del peso di 0,500 kg cadauno, nel numero di tre per ogni prodotto.

Ciascun campione dovrà essere accompagnato da schede tecniche riportanti le caratteristiche di composizione ed applicazione del prodotto.

Si provvederà a sottoporre i campioni a prova presso Laboratori di fiducia e verificarne la rispondenza ai requisiti richiesti.

Solo dopo che i laboratori avranno accertato tale rispondenza, la Direzione Lavori formalizzerà l'autorizzazione all'Appaltatore alla applicazione dei cicli, riservandosi di verificare in qualsiasi momento durante il corso dei lavori la conformità dei prodotti impiegati, presenti a piè d'opera, ai campioni sottoposti a prova.

L'Appaltatore è tenuto a garantire la buona esecuzione dei lavori e la conservazione del ciclo applicato per un periodo di sette anni.

La decorrenza della suddetta garanzia inizierà alla data del certificato di ultimazione lavori con l'obbligo di gratuita manutenzione per tutto il periodo di garanzia.

Nel detto periodo l'Appaltatore resta obbligato ad eseguire, a propria cura e spese, i ritocchi e quanto altro si rendesse necessario al fine di mantenere la verniciatura in condizioni di totale efficienza.

Se i lavori di ritocco eseguito nel periodo di garanzia supereranno il 20% della superficie totale, l'Appaltatore sarà tenuto ad eseguire, a sua cura e spese, una totale successiva mano di verniciatura a conguaglio al fine di ripristinare il buon aspetto estetico dell'opera.

L'Appaltatore è tenuto inoltre a garantire la buona conservazione dello strato di primer zincante inorganico eseguito in officina per tutto il periodo intercorrente fino all'esecuzione dello strato intermedio e comunque per almeno un anno.

25.6.3 Preparazione delle superfici

25.6.3.1 Sabbiature

Si procederà preliminarmente alla molatura di tutti gli spigoli per eliminare eventuali sbavature che potrebbero compromettere la continuità dello strato protettivo.

Successivamente saranno eliminate eventuali tracce di grasso da tutte le superfici.

Si effettuerà quindi la sabbiatura a metallo quasi bianco di grado A Sa 2½ degli standard fotografici delle Svensk Standard SIS, secondo la specifica SP 10 delle Norme SSPC (Steel Structures Painting Council); dovranno essere impiegati abrasivi fini per ottenere un profilo di incisione compreso tra 0,025 e 0,050 mm.

A sabbiatura ultimata, prima di iniziare la verniciatura, si dovrà procedere alla completa asportazione di residui di ossidi, abrasivi e polvere.

Le superfici sabbiate tassativamente non dovranno essere inumidite prima dell'applicazione dello strato di primer che dovrà essere effettuata entro il termine di 8 h dalla sabbiatura, prima che venga a formarsi un qualsiasi principio di ruggine.

Qualora si verificassero formazioni di ruggine, la sabbiatura dovrà essere ripetuta a cura e spese dell'Appaltatore.

25.6.3.2 Spazzolatura

Ad ultimazione del montaggio in opera delle strutture in acciaio, si dovrà procedere alla spazzolatura delle saldature eventualmente eseguite in opera per renderle atte a ricevere il trattamento protettivo.

Si eseguirà quindi la spazzolatura delle superfici interessate da abrasioni, danneggiamenti, ecc., in preparazione dei ritocchi che dovranno essere fatti per ricostituire la continuità dello strato di primer.

La spazzolatura, da effettuarsi con attrezzi meccanici, dovrà essere di grado C St 3 degli standard fotografici delle Svensk Standard SIS, secondo la specifica SP 3 delle Norme SSPC (Steel Structures Painting Council).

Prima di procedere alla verniciatura si dovrà procedere alla completa asportazione di ossidi e polveri.

Il trattamento di verniciatura mediante applicazione dello strato di primer dovrà essere effettuato entro il termine di 8 h dalla spazzolatura.

25.6.4 Cicli di verniciatura

I cicli, tanto per superfici in vista che per quelle interne sono composti da due strati, rispettivamente di primer e di finitura, oltre ai ritocchi in opera sul primer ad avvenuto completamento del montaggio delle strutture.

25.6.4.1 Ciclo per superfici esterne

25.6.4.1.1 Esecuzione in officina a lavorazione ultimata:

- a sabbatura grado SA 2½.
- b applicazione a pennello di una mano di vernice del primo strato del ciclo su saldature, tagli e spigoli.
- c applicazione mediante airless di uno strato di 150µ di vernice bicomponente alluminio "Surface Tollerant".
Contenuto solido ≥ 80%.
 - temperatura minima di applicazione -5° ;
 - Sovraverniciatura (con umidità relativa > 50%):

temperatura	tempi minimi di sovraverniciatura
-5°	60 h
0°	36 h
10°	22 h
15°	16 h
25°	9 h
40°	6 h

25.6.4.1.2 Esecuzione in opera ad avvenuto completamento del montaggio

- c spazzolatura delle superfici da ritoccare al grado ST 3, incluse saldature eventualmente eseguite in opera;
- d applicazione a pennello di uno strato della vernice di primo strato ai danneggiamenti preparati ed applicazione ad airless fino al raggiungimento dei 150µ richiesti.
- e applicazione mediante airless dello strato di finitura su tutte le superfici, a base poliuretano isocianico alifatico bicomponente, per uno spessore del film secco di 0,050 mm, avente le seguenti caratteristiche:
 - contenuto solido > 57%;
 - legante poliuretano isocianico alifatico;
 - aspetto lucido;
 - peso specifico della miscela > 1200 g/l;

- temperatura minima di applicazione 5°.

TABELLA 25 A - Ciclo di verniciatura per superfici in vista					
Esecuzione	in officina		in opera		
Caratteristiche	25.6.4.1.1/a	Primer zincante inorganico	25.6.4.1.2/c	Ritocchi con primer zincante organico	Strato di finitura
		25.6.4.1.1/b		25.6.4.1.2/d	25.6.4.1.2/e
applicazione	Sabbatura SA 2½	airless	Spazzatura C St 3	pennello	airless
spessore film secco mm		0,15		0,15	0,050
componenti n.		2,00		2,00	2,00
peso specifico g/l		≥1390		≥1390	≥1200
contenuto solido		≥80%		≥80%	≥57%
legante		silicato di etile		epossipoliamicidico	poliuretano isocianico alifatico
temperatura minima di applicazione		-5°		5°	5°
sovraverniciature alle diverse temperature		a -5°: 60h a 0°: 36h a 10°: 22h		a 10°: 22h a 15°: 16h	

25.6.4.2 Ciclo per superfici interne

25.6.4.2.1 Esecuzione in officina a lavorazione ultimata

a-b si richiamano integralmente le norme precedenti.

25.6.4.2.2 Esecuzione in opera ad avvenuto completamento del montaggio

c-d si richiamano integralmente le norme precedenti.

- e applicazione mediante airless di uno strato a base di epossidiche bicomponenti spessore 75µ aventi le seguenti caratteristiche:
- Solido in volume 70%;
 - Legante epossidico;
 - Aspetto lucido.
- f applicazione mediante airless dello strato di finitura su tutte le superfici a base di poliuretana alifatica antingiallente di spessore 50µ avente le seguenti caratteristiche:
- Contenuto \geq 57%;
 - Legante poliuretano;
 - Aspetto lucido
 - peso specifico della miscela: $>$ g/l 1200;
 - temperatura minima di applicazione: 5°.

TABELLA 25 B - Ciclo di verniciatura per superfici interne					
Esecuzione	in officina		in opera		
Caratteristiche	25.6.4.2.1/a	Primer zincante inorganico	25.6.4.2.2/c	Ritocchi con primer zincante organico	Strato di finitura
		25.6.4.2.1/b		25.6.4.2.2/d	25.6.4.2.2/e
applicazione	Sabbiatura A SA 2½	airless	Spazzolatura C St 3	pennello	airless
spessore film secco mm		0,15		0,15	0,050
componenti n.		2,00		2,00	2,00
peso specifico g/l		\geq 1390		\geq 1390	\geq 1200
contenuto solido		\geq 80%		\geq 70%	\geq 57%
legante		silicato di etile		epossipoliuretanico	poliuretano isocianico alifatico
temperatura minima di applicazione		-5°		5°	5°

sovraverniciature alle diverse temperature		a -5°: 60h a 0°: 36h a 10°: 22h		a 10°: 22h a 15°: 16h	
--	--	---	--	-----------------------------	--

25.6.4.3 Requisiti particolari

Ai sensi di quanto previsto dalla UNI EN 1090 andranno previsti i seguenti particolari trattamenti per:

25.6.4.3.1 Superfici in contatto con il cls

Le superfici che verranno a contatto con calcestruzzo non devono essere rivestite tranne che non sia richiesto nella specifica di Progetto. Là dove non sono rivestite, tali superfici devono essere pulite ad aria compressa o a spazzola per rimuovere scorie di laminazione e pulite per rimuovere polvere, olio e grassi. Se le superfici trattate terminano su superfici che devono essere a contatto con calcestruzzo, il sistema di trattamento deve estendersi per almeno 30 mm nell'interfaccia.

25.6.4.3.2 Superfici ad attrito

Per le superfici di acciaio che si intende formino un contatto ad attrito con un'altra superficie di acciaio qualsiasi contaminazione con olio delle superfici ad attrito deve essere rimossa usando pulitori chimici e non pulitura a fiamma. Le superfici ad attrito devono essere protette dopo la preparazione fino all'assemblaggio ed alla chiodatura con coperture resistenti agli agenti atmosferici.

E' consentita, per le zone di giunto ad attrito, la sabbiatura e la verniciatura con zincante inorganico di spessore consono al coefficiente di attrito richiesto (a Progetto) purchè quest'ultimo venga adeguatamente certificato con prove di scorrimento.

Le aree non trattate intorno al perimetro dei collegamenti serrati non devono essere trattate finché non siano state completate tutte le ispezioni del collegamento.

25.6.4.3.3 Superfici delle saldature e per saldature

Se un componente deve essere successivamente saldato, i lembi delle superfici da saldare devono essere protetti per almeno 150 mm con uno strato di 15-20µ di vernice saldabile, certificata a base di etilsilicato di zinco.

Le saldature ed i materiali base adiacenti non devono essere verniciati prima che siano state tolte le scorie.

Un rivestimento addizionale a filetto deve essere applicato alle superfici saldate là dove la mano di fondo è stata applicata sotto la saldatura, se così stabilito dalla specifica di Progetto.

25.6.4.3.4 Trattamento dei dispositivi di giunzione

Il trattamento dei dispositivi di giunzione deve essere in accordo con quanto segue:

- con la classificazione della protezione alla corrosione precisata nella specifica di Progetto;
- con il materiale costituente il dispositivo di giunzione;
- con i materiali adiacenti in contatto con il dispositivo di giunzione quando in posizione e le verniciature su questi materiali;
- con il metodo di serraggio del dispositivo di giunzione;
- con qualunque eventuale necessità di riparare il trattamento del dispositivo di giunzione dopo il serraggio.

I bulloni di fondazione non devono essere trattati, se precisato nella specifica di Progetto.

I dispositivi di giunzione, con un pre-trattamento in accordo con la classificazione della protezione alla corrosione precisata nella specifica di Progetto, non devono essere ulteriormente rivestiti dopo l'installazione tranne che non sia stabilito nella specifica di Progetto.

Qualsiasi trattamento dei dispositivi di giunzione che si renda necessario dopo l'installazione non deve essere eseguito finché non sia stata completata l'ispezione dei dispositivi di giunzione.

25.6.5 Ciclo di verniciatura con pittura ignifuga intumescente

Verniciatura protettiva di strutture metalliche costituita da pittura ignifuga intumescente atta all'isolamento al fuoco e ritardante la propagazione della fiamma mediante reazione ad effetto schiumogeno.

Il trattamento protettivo della carpenteria metallica trattata con vernice intumescente dovrà essere il seguente:

1) In officina:

- sabbiatura A SA2½ delle norme SIS;
- applicazione di uno strato di primer zincante inorganico con spessore del film secco pari 0,080 mm.

2) In opera:

- operazioni di pulizia, eliminazione di polvere e parti incoerenti previo lavaggio, sgrassaggio delle superfici, accurata spazzolatura meccanica e/o manuale delle zone eventualmente deteriorate;
- ritocchi, ove necessario, con primer epossipoliamidico del tipo "surface tolerant", dato a pennello, per uno spessore di film secco pari a 0,100 mm;
- strato generale di collegamento fra lo zincante inorganico ed il rivestimento intumescente;
- epossipoliamidico al fosfato di zinco con spessore 0,070 mm;

- applicazione di rivestimento intumescente, idoneo a conferire, ad ogni singolo elemento (lamiere, profilati, ecc.) in base alla propria resistività, la resistenza al fuoco di classe R 30 (30 minuti) in grado di sopportare l'esposizione agli agenti atmosferici per almeno 6 mesi senza degradarsi in assenza dello strato di protezione superficiale. Al fine di raggiungere la classe di resistenza al fuoco prescritta lo spessore del film secco dovrà essere minimo di 0,250 mm. Il rivestimento dovrà essere applicato in 1 (una) mano a spruzzo airless.
- applicazione dello strato finale, a spruzzo airless, con funzioni estetico protettive a base di resine poliuretaniche alifatiche, dato in almeno 2 strati, per uno spessore complessivo non inferiore a 0,130 mm.

Il prodotto costituente il rivestimento intumescente dovrà essere certificato in base alla curva temperatura/tempo ISO 834, secondo BS 476 e rispondere a quanto specificato nella circolare del Ministero degli Interni n. 91 e nella normativa UNI 9503.

Circa le temperature, i tempi ed il grado di umidità per le operazioni di sovraverniciatura si farà riferimento a quanto indicato dalla Direzione Lavori.

Art. 26 *Apparecchi d'appoggio e dispositivi antisismici*

Il presente Capitolato Speciale definisce le caratteristiche degli apparecchi d'appoggio e dei dispositivi antisismici per opere d'arte stradali e autostradali.

Per quanto riguarda gli apparecchi d'appoggio, sono oggetto di queste Norme i seguenti apparecchi:

- a - elementi di scorrimento ('sliding elements')
- b - apparecchi d'appoggio elastomerici.
- c - apparecchi d'appoggio a rullo ('roller bearings')
- d - apparecchi d'appoggio a disco elastomerico confinato ('pot bearings')
- e - apparecchi d'appoggio a contatto lineare o puntuale ('rocker bearings')
- f - apparecchi d'appoggio sferici e cilindrici aventi superfici di scorrimento in PTFE (politetrafluoroetilene) ('spherical and cylindrical PTFE bearings')

Gli apparecchi elencati da b a f (con la parziale eccezione degli apparecchi elastomerici), sono da intendere come appoggi fissi che consentono rotazioni attorno ad un unico asse (apparecchi a cerniera cilindrica) o a un qualsiasi asse (apparecchi a cerniera sferica) del piano orizzontale. Tali apparecchi, accoppiati con gli elementi

scorrevoli definiti in a, realizzano apparecchi d'appoggio mobili, in grado di permettere, oltre alle rotazioni viste, il movimento in una direzione (apparecchi monodirezionali) o in più direzioni (apparecchi multidirezionali) del piano orizzontale.

Per quanto riguarda i dispositivi antisismici, sono oggetto di queste Norme i seguenti dispositivi:

- a - dispositivi dissipatori
- b - dispositivi isolatori
- c - dispositivi di vincolo ausiliario ('Shock Transmissions Units')

26.1 Riferimenti normativi

UNI EN 1337-1 Appoggi strutturali - Regole generali di Progetto
UNI EN 1337-2 Appoggi strutturali - Elementi di scorrimento
UNI EN 1337-3 Appoggi strutturali - Appoggi elastomerici
UNI EN 1337-4 Appoggi strutturali - Appoggi a rullo
UNI EN 1337-5 Appoggi strutturali - Appoggi a disco elastomerico
UNI EN 1337-6 Appoggi strutturali - Appoggi a contatto lineare
UNI EN 1337-7 Appoggi strutturali - Appoggi sferici e cilindrici di PTFE
UNI EN 1337-9 Appoggi strutturali - Protezione
UNI EN 1337-10 Appoggi strutturali - Ispezione e manutenzione
UNI EN 1337-11 Appoggi strutturali - Trasporto, immagazzinamento e installazione

Legge n.1086 5 Novembre 1971, e relativo D.M. in vigore: "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".

Istruzioni CNR UNI 10011 "Costruzioni d'acciaio: istruzioni per il calcolo, l'esecuzione e la manutenzione".

Decreto Ministeriale 04.05.90: "Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali".

Ordinanza Ministeriale n.3274 20 Marzo 2003, e Successive Modifiche e Integrazioni: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica"

26.2 Apparecchi d'appoggio

26.2.1 Generalità

Gli appoggi, accoppiati o meno con elementi scorrevoli, sono dispositivi che consentono la rotazione tra due membri di una struttura, impedendo

gli spostamenti e di conseguenza trasmettendo le forze nelle tre direzioni (appoggi fissi), consentendo lo spostamento in una direzione del piano orizzontale (appoggi unidirezionali) o in ogni direzione del piano orizzontale (appoggi multidirezionali). Caso particolare è costituito dagli apparecchi elastomerici che permettono limitati spostamenti in ogni direzione del piano orizzontale, generando forze proporzionali alle corrispondenti traslazioni.

Gli appoggi devono essere disposti in modo che sia possibile, in caso di necessità, effettuare ispezioni, operazioni di manutenzione e sostituzione degli stessi o di parti di questi, allo scopo di garantirne la funzionalità per l'intera durata prevista della struttura.

Gli appoggi devono essere realizzati in modo da permettere il movimento specificato con la minor forza di reazione possibile.

Se possibile, si deve evitare la preregolazione. Se necessaria, la preregolazione richiesta deve essere eseguita presso l'impianto di fabbricazione. Se non è possibile evitare una nuova regolazione in sito, questa deve essere eseguita solo dal fabbricante dell'appoggio o sotto la sua supervisione.

Tutti gli appoggi devono essere marcati con il nome del fabbricante e il luogo di fabbricazione, l'anno di fabbricazione e un numero di serie che deve essere un numero individuale e univoco per ogni tipo di appoggio. Inoltre tutti gli appoggi diversi dagli appoggi elastomerici devono essere marcati con le informazioni seguenti:

- tipo di appoggio;
- numero d'ordine del fabbricante;
- carichi nominali massimi per forze verticali e orizzontali;
- spostamenti nominali massimi;
- posizione nella struttura;
- direzione di installazione.

Con l'eccezione delle ultime due voci, queste marcature devono essere visibili e comprensibili per tutta la vita utile dell'appoggio.

26.2.2 Elementi di scorrimento

26.2.2.1 Generalità

Gli elementi di scorrimento e le guide sono dispositivi composti da piastre di supporto con finitura curva o piana e superfici di scorrimento a bassissimo coefficiente di attrito che, in combinazione con gli appoggi

strutturali fissi descritti nel presente articolo, consentono e regolano i movimenti nel piano orizzontale.

La deformazione dei materiali di scorrimento non va presa in conto per ottenere rotazioni.

26.2.2.2 Requisiti funzionali

I requisiti funzionali, espressi in termini di massimi coefficienti di attrito a breve e lungo termine delle superfici di contatto, in funzione della composizione delle superfici stesse, sono riportati dalle Tabelle 1-2-3-4 della UNI EN 1337-2

26.2.2.3 Proprietà dei materiali

In assenza di standard specifici, le prove sui materiali saranno conformi alle procedure indicate nelle Appendici D-E-F-G-H della UNI EN 1337 - 2

Superfici di scorrimento di PTFE : il politetrafluoroetilene è un materiale termoplastico che presenta, a contatto con una superficie metallica lucidata, un coefficiente d'attrito molto basso, tendente a diminuire con l'aumento della pressione di contatto e con la diminuzione della velocità di scorrimento. Il materiale grezzo dei fogli di PTFE costituenti le superfici di scorrimento su cui si esercitano reazioni di lunga durata è politetrafluoroetilene vergine, senza aggiunta di materiali rigeneranti o di cariche, in conformità alle caratteristiche meccaniche, fisiche e geometriche del Paragrafo 5.2 della UNI EN 1337-2. I fogli di PTFE per superfici di scorrimento piane o curve su cui si esercitano reazioni di lunga durata (sono escluse le superfici delle guide) saranno dotati di tasche di lubrificazione ('PTFE alveolato').

Materiali compositi (CM1 e CM2) : per le superfici di scorrimento impegnate da reazioni di breve durata, come ad esempio le superfici delle guide, è ammesso l'impiego di materiali compositi di due tipi: il primo (CM1) formato da una lastra di supporto e uno strato intermedio di bronzo con uno strato superficiale costituito da una miscela di PTFE e piombo, il secondo (CM2) formato da una matrice metallica flessibile sinterizzata in un composto di PTFE (PTFE + filler). Le caratteristiche meccaniche e fisiche dei materiali compositi costituenti le superfici di scorrimento sono riportate della Tabella 6 e 7 della UNI EN 1337-2.

Superfici di scorrimento di acciaio austenitico : lamiere di acciaio austenitico possono essere utilizzate per la realizzazione di superfici di scorrimento piane o curve. Le superfici a contatto con il PTFE saranno

lucidate. Materiale e caratteristiche superficiali saranno conformi ai Par. 5.4.1 e 5.4.2 della UNI EN 1337-2.

Superfici rivestite in cromo : per superfici di scorrimento curve possono essere usate superfici cromate. Il rivestimento dovrà interessare l'intera superficie curva della piastra di supporto; il processo di lavorazione, le specifiche dei materiali e le caratteristiche superficiali saranno conformi al Par. 5 della UNI EN 1337-2

Materiali per piastre di supporto : i materiali previsti per la realizzazione delle piastre di supporto sono metalli a base ferrosa, in particolare ghisa, acciaio fuso e acciaio inossidabile; l'elemento convesso di superfici sferiche o cilindriche può essere costituito da lega d'alluminio. Materiali e trattamenti superficiali saranno conformi ai Par. 5.5.6 e 5.5.7 della UNI EN 1337-2.

Lubrificanti : Le superfici di scorrimento dovranno essere lubrificate per ridurre la resistenza d'attrito e l'usura delle superfici di PTFE. Il lubrificante, in conformità alle caratteristiche fisico-chimiche della Tabella 8 della UNI EN 1337-2, dovrà mantenere le sue proprietà nel 'range' di temperatura specificato e non dovrà resinificare, né risultare aggressivo per i materiali a contatto.

26.2.2.4 Requisiti di Progetto

26.2.2.4.1 Combinazioni di materiali per superfici di scorrimento

I materiali per le superfici di scorrimento saranno accoppiati come definito nella Tabella 1. Solo una combinazione potrà essere usata nella stessa superficie di scorrimento:

Tabella 1 - Combinazioni materiali per superfici di scorrimento

Superfici piane		Superfici curve		Guide	
PTFE puntinato	Acciaio austenitico	PTFE puntinato	Acciaio austenitico	PTFE semplice	Acciaio austenitico
			cromo	CM1	
			alluminio	CM2	

26.2.2.4.2 Fogli di PTFE

I fogli di PTFE saranno disposti in uno specifico alloggiamento, ricavato nella piastra di supporto. Dopo l'installazione il foglio di PTFE dovrà sporgere dall'estradosso dell'alloggiamento di una quantità h, per facilitare le misurazioni di controllo.

Lo spessore dei fogli di PTFE t_p e della sporgenza h , in assenza di carico e in presenza della protezione anticorrosiva, dovrà rispettare i seguenti limiti:

$$h = 1.75 + L/1200 \text{ (mm)} \quad \text{e comunque } \geq 2.2 \text{ mm}$$

$$2.2 h < t_p < 8.0 \text{ mm}$$

dove L è il diametro del foglio circolare o la lunghezza del foglio rettangolare di PTFE, come definiti nelle fig. 3-4-5 della UNI EN 1337-2.

I fogli di PTFE piani per superfici di scorrimento planari saranno circolari o rettangolari e potranno essere suddivisi in un massimo di quattro parti uguali, la cui dimensione minima non potrà essere inferiore a 50 mm e la cui distanza reciproca non potrà superare il doppio dello spessore della piastra di supporto o del foglio di PTFE (quale sia il minore).

I fogli di PTFE curvi per superfici di scorrimento cilindriche saranno rettangolari e potranno essere suddivisi in un massimo di due parti uguali.

I fogli di PTFE curvi per superfici di scorrimento sferiche saranno circolari e potranno essere suddivisi in un disco interno e un anello esterno concentrici, suddivisi da un anello della piastra di supporto, la cui larghezza non supererà 10 mm.

I fogli di PTFE per guide avranno uno spessore minimo di 5.5 mm e una sporgenza di 2.3 mm +/- 0.2 mm

26.2.2.4.3 Materiali compositi

I materiali compositi saranno usati solo quando è possibile un auto-allineamento tra le parti accoppiate dell'appoggio. La dimensione minima 'a' della lamina deve essere maggiore o uguale a 10 mm

26.2.2.4.4 Guide

Le guide possono essere usate per sopportare azioni laterali dovute a carichi permanenti e variabili. Le guide possono essere disposte centralmente o esternamente alla superficie di scorrimento. I materiali di scorrimento saranno disposti sulle pareti contigue delle guide; il gioco c tra i componenti scorrevoli in condizioni di riposo deve essere:

$$c < 1.0 \text{ mm} + L(\text{mm})/1000$$

con L definito ai punti precedenti

26.2.2.4.5 Lamiere di acciaio austenitico

Le lamiere di acciaio austenitico devono essere dimensionate in modo tale da ricoprire completamente i fogli di PTFE o di materiale composito sotto il massimo spostamento di Progetto. Il loro spessore, in funzione del metodo di collegamento alla piastra di supporto, sarà in accordo alla Tabella 13 della UNI EN 1337-2

26.2.2.4.6 Resistenze caratteristiche dei materiali di scorrimento

Le resistenze caratteristiche a compressione dei materiali di scorrimento sono riportate nella Tabella 2. I valori dati sono validi per temperature effettive inferiori a 30°. Per temperature comprese tra i 30° e i 48°, i valori riportati saranno ridotti del 2% per grado al di sopra dei 30°, allo scopo di ridurre gli effetti viscosi del PTFE.

Tabella 2 - Resistenze caratteristiche a compressione dei materiali di scorrimento

Materiale	Azione	f_k (MPa)
PTFE (sup.principali)	Carichi permanenti e variabili	90
PTFE (guide)	Carichi variabili	90
	Temperatura, ritiro e viscosità	30
	Carichi permanenti	10
CM1	Carichi permanenti e variabili orizzontali	200

CM2	Carichi permanenti e variabili orizzontali	120
-----	---	-----

26.2.2.4.7 Coefficienti di attrito

I coefficienti di attrito da utilizzare per verificare l'apparecchio di appoggio e la struttura a cui esso è collegata sono riportati nella Tabella 3. Tali valori non saranno applicati in presenza di consistenti azioni dinamiche, come sono ad esempio le azioni sismiche. I valori riportati sono validi solo per PTFE alveolato e lubrificato.

Tabella 3 - Coefficienti di attrito μ_{max}

Pressione di contatto σ_p (MPa)	≤ 5	10	20	≥ 30
PTFE - Acciaio austenitico o cromo	0.08	0.06	0.04	0.030 (0.025)*
PTFE - alluminio	0.12	0.09	0.06	0.045 (0.038)*
* per superfici di scorrimento curve				

Per le guide, i valori del coefficiente di attrito, considerati indipendenti dalla pressione di contatto, sono i seguenti:

PTFE : $\mu_{max} = 0.08$

Materiali compositi : $\mu_{max} = 0.20$

26.2.2.4.8 Verifiche locali delle superfici di scorrimento

26.2.2.4.8.1 Generalità

Le superfici di scorrimento saranno dimensionate e verificate tenendo conto di tutte le azioni attive trasmesse dalla struttura e di quelle antagoniste generate in corrispondenza delle libertà consentite.

26.2.2.4.8.2 Separazione delle superfici di scorrimento

La separazione delle superfici di scorrimento può condurre alla perdita di lubrificante, all'usura da contaminazione e all'incremento di deformazione dovuto alla mancanza di confinamento del PTFE. Per questo motivo si richiede che la tensione normale minima di contatto σ_p sia al più nulla, condizione considerata come stato limite di servizio.

26.2.2.4.8.3 Verifiche a compressione

Pressioni eccessive possono causare perdita di efficienza dello scorrimento. Si richiede pertanto la verifica a compressione allo stato limite ultimo delle superfici a contatto in conformità al Par. 6.8.3 della UNI EN 1337-2

26.2.2.4.9 Verifiche locali delle piastre di supporto

26.2.2.4.9.1 Generalità

Il PTFE e i materiali di scorrimento ad esso accoppiati devono essere sostenuti da piastre metalliche (piastre di supporto) con superfici piane o curve. Il Progetto di queste deve tener conto del controllo delle deformazioni, della esatta valutazione delle sezioni resistenti, della adeguata rigidità per il trasporto e l'installazione secondo il Par. 6.9.3 della UNI EN 1337-2 e della distribuzione dei carichi alle strutture adiacenti secondo il Par. 6.9.4 della UNI EN 1337-2

26.2.2.4.9.2 Verifica della deformazione

Una deformazione eccessiva delle piastre di supporto comporterebbe usura elevata del PTFE e decadimento a lungo termine delle caratteristiche del dispositivo di scorrimento. Si richiede per questo la verifica della deformazione secondo il Par. 6.9.2 della UNI EN 1337-2

26.2.2.5 Manifattura, assemblaggio e tolleranze

26.2.2.5.1 Piastra di supporto

I bordi dell'incasso destinato a contenere i fogli di PTFE devono essere a spigolo vivo e retto per limitare il rifluimento del PTFE. Il raggio alla base dell'incasso non deve superare 1 mm.

In linea teorica, il PTFE deve aderire all'incasso senza giochi. Tolleranze discontinue saranno ammesse in conformità alla Tabella 12 della UNI EN 1337-2.

I requisiti di planarità delle superfici saranno in accordo ai Par. 7.1.2 e 7.1.3 della UNI EN 1337-2

26.2.2.5.2 Collegamento dei materiali di scorrimento

Lamiera di acciaio austenitico : le lamiere devono essere collegate alle relative piastre di supporto mediante una delle modalità riportate dalla Tabella 13 della UNI EN 1337-2

Fogli di PTFE : nel caso di piastre di supporto piane i fogli vanno confinati negli appositi alloggiamenti secondo le prescrizioni viste al punto precedente. I fogli di PTFE usati per le guide saranno incollati allo scopo di facilitare le operazioni di assemblaggio

Materiali compositi : I materiali compositi saranno collegati mediante incollaggio, accompagnato da un collegamento meccanico da realizzare al di fuori della superficie di scorrimento

26.2.2.5.3 Protezione contro la contaminazione e la corrosione

Prima delle operazioni di assemblaggio, tutte le superfici di scorrimento devono essere pulite. Durante l'assemblaggio, saranno prese precauzioni per impedire la contaminazione delle superfici lubrificate. Devono essere previsti dispositivi specifici per prevenire la contaminazione degli elementi di scorrimento; tali dispositivi devono essere rimovibili per facilitare l'ispezione.

I requisiti generali relativi alla protezione contro la corrosione sono dati nella EN 1337-9. Ulteriori requisiti relativi al caso particolare delle superfici di scorrimento sono forniti nel Par. 7.3 della UNI EN 1337-2

26.2.2.5.4 Lubrificazione

Dopo la pulitura e prima dell'assemblaggio, i fogli di PTFE dotati di tasche di lubrificazione devono essere lubrificati in modo che tutte le tasche risultino colme. Le superfici di scorrimento delle guide saranno trattate stendendo un sottile strato di lubrificante sulla superficie e rimuovendo le eccedenze.

26.2.2.5.5 Superfici di riferimento per l'installazione

Allo scopo di assicurare l'allineamento dell'appoggio in accordo alla UNI EN 1337-11, deve essere prevista sull'elemento scorrevole una superficie di riferimento o un opportuno dispositivo avente la stessa funzione.

26.2.2.6 Valutazione di conformità

La valutazione di conformità del prodotto e della sua manifattura alla Normativa Europea, comprendente controllo di materiali e lavorazioni, esecuzione di prove e ispezioni con eventuali 'audit-testing' effettuati da parti terze, redazione di documentazione e certificati attestanti la qualità dei materiali costituenti e del prodotto finale, etc., sarà in accordo al Par. 8 della UNI EN 1337-2; le procedure di controllo di produzione saranno conformi all'Appendice K della UNI EN 1337-2

Il controllo delle materie prime e dei componenti degli elementi di scorrimento sarà conforme alla Tabella 16 della UNI EN 1337-2.

Il controllo del prodotto finito, comprendente test iniziali di tipo ed eventuali 'audit testing', sarà conforme alla Tabella 15 della UNI EN 1337-2.

26.2.2.7 Installazione

Dopo l'installazione e il completamento della sovrastruttura, la deviazione dell'elemento di scorrimento dalla configurazione specificata non dovrà eccedere il 0.3%.

26.2.2.8 Criteri per ispezioni in servizio

Durante le ispezioni di servizio, da condurre in accordo alla UNI EN 1337-10, sarà controllato in particolare il valore della sporgenza h , come definita in precedenza, verificando che risulti:

$h > 1 \text{ mm}$

Se risulta $0 < h < 1 \text{ mm}$, l'elemento di scorrimento è considerato ancora idoneo, ma sono richieste ispezioni più frequenti. Se risulta $h = 0$ l'elemento di scorrimento non sarà più considerato idoneo.

26.2.3 Appoggi elastomerici

26.2.3.1 Generalità

Gli appoggi elastomerici (armati) sono elementi di forma rettangolare o circolare, costituiti da strati di gomma combinati con lamierini d'acciaio vulcanizzati alla gomma. La vulcanizzazione ha il duplice scopo di proteggere l'acciaio dalla corrosione e di trasmettere le azioni tangenziali dalla gomma al lamierino. Tali appoggi devono essere ottenuti mediante lavorazione in appositi stampi a pianta circolare o rettangolare previa approvazione della Direzione Lavori; non sono ammessi appoggi ricavati per taglio d'elementi di dimensioni superiori.

Non sono ammessi appoggi elastomerici non armati.

Non sono ammessi appoggi elastomerici con elementi di PTFE vulcanizzati direttamente alla gomma, disposti superiormente od inferiormente

Gli appoggi elastomerici possono essere combinati con dispositivi che possono estenderne il campo di utilizzo, come dispositivi di scorrimento in accordo alla UNI EN 1337-2, sia temporanei che permanenti, o sistemi di vincolo in qualsiasi direzione.

Il presente documento, in riferimento alla UNI EN 1337-3, tratta appoggi elastomerici con dimensioni massime in pianta pari a 1200x1200 mm, destinati all'utilizzo con temperature operative comprese tra -25° e +50° (+70° per brevi periodi). In caso di temperature operative molto basse (-40°) sono richiesti requisiti particolari del modulo di taglio della gomma.

26.2.3.2 Caratteristiche e requisiti funzionali

26.2.3.2.1 Premessa

Gli appoggi elastomerici consentono traslazioni in una qualsiasi direzione e rotazioni attorno a un qualsiasi asse per mezzo di deformazioni elastiche. In tal modo è possibile sia trasmettere le sollecitazioni sia consentire gli spostamenti, in accordo alle risultanze progettuali.

Benché gli appoggi elastomerici siano progettati per assorbire il taglio, essi non saranno impiegati per opporre resistenza a una azione esterna di taglio applicata permanentemente.

Nei punti successivi sono definite le caratteristiche quantificabili degli appoggi elastomerici riferite al prodotto finito, determinabili attraverso specifiche prove.

26.2.3.2.2 Modulo di elasticità tangenziale G_g

Il modulo di elasticità tangenziale G_g è determinato sulla base di prove a diverse temperature o dopo invecchiamento, in accordo alle procedure specificate dall'Appendice F della UNI EN 1337-3

Modulo di elasticità tangenziale a temperatura ordinaria: il modulo G_g a temperatura nominale ($23^{\circ}+2^{\circ}$) dell'appoggio dovrà essere conforme ai valori seguenti:

$$G_g = 0.9 \text{ MPa}$$

$$G_g = 0.7 \text{ MPa} *$$

$$G_g = 1.15 \text{ MPa} *$$

I valori ottenuti dai test dovranno essere conformi alle tolleranze seguenti

$$G_g = 0.9 \text{ MPa} + 0.15 \text{ MPa}$$

$$G_g = 0.7 \text{ MPa} \pm 0.10 \text{ MPa} *$$

$$G_g = 1.15 \text{ MPa} \pm 0.20 \text{ MPa} *$$

*) solo se espressamente richiesto dal progettista

Modulo di elasticità tangenziale a basse e bassissime temperature: il modulo di taglio dovrà essere conforme ai Par.4.3.1.2 e 4.3.1.3 della UNI EN 1337-3

Modulo di elasticità tangenziale dopo invecchiamento: il modulo di taglio ad invecchiamento indotto (3 giorni a 70°) dovrà essere conforme al Par.4.3.1.4 della UNI EN 1337-3

26.2.3.2.3 Resistenza di adesione

Scopo del test è il controllo della adesione tra la gomma e i lamierini d'acciaio interposti. La resistenza di adesione tra gomma e lamiera d'acciaio è determinata in accordo al Par. 4.3.2 e alle procedure specificate dall'Appendice G della UNI EN 1337-3.

26.2.3.2.4 Modulo di elasticità a compressione

Il modulo di elasticità a compressione è determinato in accordo al Par. 4.3.3 e alle procedure specificate dall'Appendice H della UNI EN 1337-3.

26.2.3.2.5 Resistenza a carico ripetuto di compressione

La resistenza a carico ripetuto di compressione è determinata in accordo al Par. 4.3.4 e alle procedure specificate dall'Appendice I della UNI EN 1337-3.

26.2.3.2.6 Capacità di rotazione statica

Scopo del test è la determinazione del comportamento dell'appoggio in condizioni di rotazione da carico statico nei casi in cui la prestazione

richiesta in termini di rotazione sia critica. Si possono determinare due grandezze relative alla capacità rotazionale dell'appoggio, il massimo angolo di rotazione e il momento antagonista trasmesso dall'appoggio alla struttura. La capacità di rotazione statica è determinata in accordo al Par. 4.3.5 e alle procedure specificate dalle Appendici J e K della UNI EN 1337-3.

26.2.3.2.7 Resistenza all'ozono

La resistenza all'ozono è determinata in accordo al Par. 4.3.6 e alle procedure specificate dall'Appendice L della UNI EN 1337-3.

26.2.3.3 Proprietà dei materiali

26.2.3.3.1 Elastomero

L'elastomero utilizzato come materiale grezzo negli apparecchi elastomerici è costituito da gomma naturale o sintetica (policloroprene). Si ammette la miscelazione con altro polimero come coadiuvante di processo fino a percentuali pari al 5%.

Le proprietà fisiche e meccaniche dell'elastomero saranno conformi alla Tabella 1 della UNI EN 1337-3

26.2.3.3.2 Lamierini d'acciaio

I lamierini interni ed esterni saranno in acciaio di grado S235 secondo la EN 10025 o in acciaio con equivalente allungamento a rottura. Gli spessori minimi saranno in accordo al Par. 4.4.3 della UNI EN 1337-3

26.2.3.3.3 Superfici di scorrimento

Elementi di scorrimento in PTFE, accoppiati a lamine in acciaio austenitico, possono essere inseriti in una piastra metallica vulcanizzata all'elastomero, secondo quanto specificato al Par. 4.4.3 della UNI EN 1337-3

26.2.3.4 Regole di Progetto

Per le regole di Progetto si rimanda integralmente al Par. 5 della UNI EN 1337-3

26.2.3.5 Tolleranze di manifattura

Le tolleranze relative alle dimensioni in pianta e agli spessori degli strati di elastomero interni ed esterni, dei lamierini d'acciaio e degli spessori totali dell'appoggio saranno in accordo al Par. 6 della UNI EN 1337-3

26.2.3.6 Valutazione di conformità

La valutazione di conformità del prodotto e della sua manifattura alla Normativa Europea, comprendente controllo di materiali e lavorazioni, esecuzione di prove e ispezioni con eventuali 'audit-testing' effettuati da parti terze, redazione di documentazione e certificati attestanti la qualità dei materiali costituenti e del prodotto finale, etc., sarà in accordo al Par. 8 della UNI EN 1337-3; le procedure di controllo di produzione saranno conformi all'Appendice N della UNI EN 1337-3

Il controllo delle materie prime degli appoggi elastomerici sarà conforme alla Tabella 8 della UNI EN 1337-3.

Il controllo del prodotto finito, comprendente test iniziali di tipo, test di routine ed eventuali 'audit testing', sarà conforme alle Tabelle 6-7-8 della UNI EN 1337-3.

26.2.3.7 Installazione

Gli appoggi elastomerici andranno alloggiati preferibilmente su baggioli, le cui superfici di posa devono essere asciutte, pulite e integre. Tali superfici saranno piane e orizzontali, ammettendo una tolleranza massima di planarità pari a:

0.3% per appoggi di strutture in c.a. prefabbricate o metalliche

1% per appoggi di strutture in c.a. gettate in opera

Se l'impalcato è costruito in opera direttamente sugli apparecchi d'appoggio, è opportuno interporre tra appoggio e struttura delle coppelle prefabbricate in c.a., immorsate nel getto della sovrastruttura. È inoltre conveniente posizionare gli eventuali appoggi rettangolari con il lato minore parallelo all'asse della trave in modo da permettere una maggiore rotazione.

Non è consentito l'incollaggio degli appoggi elastomerici alle strutture.

26.2.3.8 Criteri per ispezioni in servizio

Durante le ispezioni di servizio, da condurre in accordo alla UNI EN 1337-10, sarà controllato in particolare quanto segue.

Le superfici superiore ed inferiore dell'appoggio saranno in contatto integrale con le parti strutturali collegate.

Si effettuerà una ispezione visiva delle facce accessibili dell'appoggio per l'individuazione di eventuali fessure, distacchi, rigonfiamenti e irregolarità dell'appoggio stesso.

Si effettuerà una ispezione visiva delle parti strutturali a contatto dell'appoggio per l'individuazione di eventuali scostamenti dell'appoggio dalla sua posizione originale.

26.2.4 Appoggi a rullo

26.2.4.1 Generalità

Gli appoggi a rullo hanno un funzionamento basato sul rotolamento di due piastre metalliche, una superiore ed una inferiore, su uno o più componenti, dotati di superfici cilindriche ed interposti tra le piastre stesse. Allo scopo di consentire spostamenti paralleli all'asse di rotazione gli apparecchi a rullo possono essere accoppiati con elementi di scorrimento in accordo alla UNI EN 1337-2

26.2.4.2 Caratteristiche e requisiti funzionali

Gli appoggi a rullo trasmettono forze normali al piano di appoggio, consentendo traslazioni ortogonali all'asse di rotolamento e rotazioni attorno a tale asse (gli apparecchi a rullo singolo permettono rotazioni attorno alla linea di contatto, gli apparecchi a rullo multiplo necessitano di un elemento addizionale a bilanciere per consentire la rotazione). La capacità di rotazione dell'appoggio a rullo è una caratteristica intrinseca del sistema, basata sulla sua geometria, e deve essere dichiarata dal produttore. Il valore massimo di tale rotazione è fissato a 0.05 rad.

Le superfici a contatto avranno la stessa resistenza e durezza; le superfici curve dell'apparecchio saranno di forma cilindrica.

Il rullo avrà una lunghezza compresa tra il doppio e sei volte il suo diametro.

Sarà previsto un sistema di guida per impedire disassamenti del rullo in esercizio.

I componenti dell'appoggio saranno dimensionati in modo da distribuire correttamente il carico agli elementi contigui. L'angolo massimo di diffusione del carico sarà assunto pari a 45° (angoli maggiori potranno essere giustificati da un calcolo specifico); in nessun caso sarà assunto un angolo di diffusione, misurato a partire dall'asse verticale, superiore a 60°.

26.2.4.3 Materiali

Gli appoggi a rullo saranno realizzati in materiali ferrosi, in conformità a quanto specificato al Par. 5 e nell'Appendice A della UNI EN 1337-4.

I componenti degli appoggi (rulli e piastre di contatto) saranno sottoposti a prove (rilievo di eventuali cricche, determinazione di

durezza e resilienza) secondo i metodi esposti al Par. 5.1 della UNI EN 1337-4.

26.2.4.4 Regole di Progetto

Per le regole di Progetto si rimanda integralmente al Par. 6 della UNI EN 1337-4.

26.2.4.5 Tolleranze

Le tolleranze relative a planarità delle piastre, profilo e parallelismo delle superfici, rugosità superficiale, diametro dei rulli multipli, saranno in accordo al Par. 7 della UNI EN 1337-4.

26.2.4.6 Valutazione di conformità

La valutazione di conformità del prodotto e della sua manifattura alla Normativa Europea, comprendente controllo di materiali e lavorazioni, esecuzione di prove e ispezioni con eventuali 'audit-testing' effettuati da parti terze, redazione di documentazione e certificati attestanti la qualità dei materiali costituenti e del prodotto finale, etc., sarà in accordo al Par. 8 della UNI EN 1337-4; le procedure di controllo di produzione saranno conformi all'Appendice B della UNI EN 1337-4

Il controllo delle materie prime degli appoggi a rullo sarà conforme alla Tabella 5 della UNI EN 1337-4.

Il controllo del prodotto finito, comprendente test iniziali di tipo, test di routine ed eventuali 'audit testing', sarà conforme alla Tabella 4 della UNI EN 1337-4.

26.2.4.7 Installazione

Gli appoggi a rullo saranno installati con una tolleranza massima di +/- 0.003 rad rispetto alla inclinazione di Progetto delle superfici di contatto.

26.2.4.8 Criteri per ispezioni in servizio

Durante le ispezioni di servizio, da condurre in accordo alla UNI EN 1337-10, saranno verificati in particolare l'assenza di cricche nei componenti dell'appoggio, il corretto allineamento dei rulli, la presenza di contatto continuo tra piastra e rullo.

26.2.5 Appoggi a disco elastomerico confinato

26.2.5.1 Generalità

Gli appoggi a disco elastomerico confinato sono costituiti da un disco di gomma non armata confinato entro un basamento inferiore e un pistone superiore, entrambi metallici. L'apparecchio è completato da una

guarnizione interna disposta sul bordo superiore della superficie di gomma per impedire la fuoriuscita di materiale elastomerico e da una guarnizione esterna disposta tra basamento e pistone, per proteggere il corpo interno da umidità e detriti.

Per ridurre l'attrito tra cuscinetto e componenti metallici, e di conseguenza limitare l'usura e l'entità del momento parassita alla rotazione, è previsto l'uso di un lubrificante.

Allo scopo di consentire traslazioni nel piano orizzontale, gli appoggi a disco elastomerico possono essere accoppiati con elementi di scorrimento in accordo alla UNI EN 1337-2

26.2.5.2 Caratteristiche e requisiti funzionali

Gli appoggi a disco elastomerico trasmettono forze verticali e orizzontali, consentendo, grazie alla deformazione del cuscinetto di gomma, rotazioni attorno a un asse qualsiasi (cerniera sferica).

26.2.5.3 Materiali

Il basamento e il pistone saranno realizzati in materiali ferrosi; il materiale elastomerico usato per il cuscinetto deve essere gomma naturale o policloroprene. Il lubrificante non deve essere dannoso per l'elastomero e gli altri componenti dell'appoggio e non deve causare rigonfiamenti eccessivi dell'elastomero (variazioni di peso > 8%). Tutti i materiali saranno conformi a quanto specificato al Par. 5 e nell'Appendice A (guarnizioni interne) della UNI EN 1337-5. Lo scorrimento accumulato normalizzato della guarnizione interna, come definito nella Appendice E della UNI EN 1337-5, dovrà essere conforme alla classe C (2000 m).

26.2.5.4 Regole di Progetto

Per le regole di Progetto si rimanda integralmente al Par. 6 della UNI EN 1337-5.

26.2.5.5 Tolleranze

Le tolleranze relative a spessore del cuscinetto, parallelismo delle superfici esterne, accoppiamento dei componenti e rugosità superficiale, saranno in accordo al Par. 7 della UNI EN 1337-5.

26.2.5.6 Valutazione di conformità

La valutazione di conformità del prodotto e della sua manifattura alla Normativa Europea, comprendente controllo di materiali e lavorazioni, esecuzione di prove e ispezioni con eventuali 'audit-testing' effettuati

da parti terze, redazione di documentazione e certificati attestanti la qualità dei materiali costituenti e del prodotto finale, etc., sarà in accordo al Par. 8 della UNI EN 1337-5; le procedure di controllo di produzione saranno conformi all'Appendice C della UNI EN 1337-5

Il controllo delle materie prime degli appoggi a disco elastomerico sarà conforme al Prospetto 1 della UNI EN 1337-5.

Il controllo del prodotto finito, comprendente test iniziali di tipo, test di routine ed eventuali 'audit testing', sarà conforme Prospetto 2 della UNI EN 1337-5.

26.2.5.7 Installazione

Gli appoggi a disco elastomerico saranno installati con una tolleranza massima di +/- 0.003 rad rispetto alla inclinazione di Progetto delle superfici di contatto.

26.2.5.8 Criteri per ispezioni in servizio

Durante le ispezioni di servizio, da condurre in accordo alla UNI EN 1337-10, saranno verificati in particolare aspetti quali l'eventuale estrusione dell'elastomero, la presenza di detriti da usura, la posizione anomala del pistone di chiusura.

26.2.6 Appoggi a contatto lineare o puntuale

26.2.6.1 Generalità

Gli appoggi a contatto lineare o puntuale sono costituiti da due piastre metalliche variamente sagomate a contatto e libere di ruotare reciprocamente. Se una delle piastre è sagomata a calotta cilindrica e l'altra è piana, il contatto e la rotazione avvengono lungo una generatrice del cilindro (contatto lineare); se una delle superfici è sagomata a calotta sferica (concava) o è piana e l'altra è sagomata a calotta sferica (convessa) di raggio inferiore alla prima, il contatto e la rotazione avvengono in un punto (contatto puntuale). Allo scopo di consentire traslazioni nel piano orizzontale, gli appoggi a contatto possono essere accoppiati con elementi di scorrimento in accordo alla UNI EN 1337-2

26.2.6.2 Caratteristiche e requisiti funzionali

Gli appoggi a contatto lineare permettono rotazioni attorno alla linea di contatto, realizzando una cerniera cilindrica, gli appoggi a contatto puntuale rotazioni attorno a un asse qualsiasi, realizzando una cerniera sferica. Gli appoggi a contatto trasmettono forze verticali e

orizzontali; per la trasmissione delle forze orizzontali gli apparecchi a contatto lineare sono dotati di perni sollecitati a taglio, calettati su una delle due piastre, mentre, nel caso di apparecchi a contatto lineare, le azioni orizzontali sono trasmesse generalmente per contatto tra le due piastre.

La capacità di rotazione dell'appoggio a contatto è una caratteristica intrinseca del sistema, basata sulla sua geometria, e deve essere dichiarata dal produttore. Il valore massimo di tale rotazione è fissato a 0.05 rad.

Le superfici a contatto avranno la stessa resistenza e durezza; le superfici curve dell'apparecchio saranno di forma cilindrica (contatto lineare) o sferica (contatto puntuale).

Saranno previsti dispositivi meccanici per impedire lo scivolamento reciproco delle superfici a contatto.

I componenti dell'appoggio saranno dimensionati in modo da distribuire correttamente il carico agli elementi contigui. L'angolo massimo di diffusione del carico sarà assunto pari a 45° (angoli maggiori potranno essere giustificati da un calcolo specifico); in nessun caso sarà assunto un angolo di diffusione, misurato a partire dall'asse verticale, superiore a 60°.

26.2.6.3 Materiali

Gli appoggi a contatto saranno realizzati in materiali ferrosi, in conformità a quanto specificato al Par. 5 e nell'Appendice A della UNI EN 1337-6.

I componenti degli appoggi (piastre di contatto) saranno sottoposti a prove (rilievo di eventuali cricche, determinazione di durezza e resilienza) secondo i metodi esposti al Par. 5.1 della UNI EN 1337-6.

26.2.6.4 Regole di Progetto

Per le regole di Progetto si rimanda integralmente al Par. 6 della UNI EN 1337-6.

26.2.6.5 Tolleranze

Le tolleranze relative a planarità delle piastre, profilo e parallelismo delle superfici, rugosità superficiale, saranno in accordo al Par. 7 della UNI EN 1337-6.

26.2.6.6 Valutazione di conformità

La valutazione di conformità del prodotto e della sua manifattura alla Normativa Europea, comprendente controllo di materiali e lavorazioni, esecuzione di prove e ispezioni con eventuali 'audit-testing' effettuati da parti terze, redazione di documentazione e certificati attestanti la qualità dei materiali costituenti e del prodotto finale, etc., sarà in accordo al Par. 8 della UNI EN 1337-4; le procedure di controllo di produzione saranno conformi all'Appendice B della UNI EN 1337-6

Il controllo delle materie prime degli appoggi a rullo sarà conforme alla Tabella 5 della UNI EN 1337-6.

Il controllo del prodotto finito, comprendente test iniziali di tipo, test di routine ed eventuali 'audit testing', sarà conforme alla Tabella 4 della UNI EN 1337-6.

26.2.6.7 Installazione

Gli appoggi a contatto saranno installati con una tolleranza massima di +/- 0.003 rad rispetto alla inclinazione di Progetto delle superfici di contatto.

26.2.6.8 Criteri per ispezioni in servizio

Durante le ispezioni di servizio, da condurre in accordo alla UNI EN 1337-10, saranno verificati in particolare l'assenza di cricche nei componenti dell'appoggio, il corretto allineamento delle piastre a contatto, la verifica del contatto previsto tra le piastre.

26.2.7 Appoggi sferici e cilindrici con PTFE

26.2.7.1 Generalità

Gli apparecchi d'appoggio sferici e cilindrici aventi superfici di scorrimento in politetrafluoroetilene (PTFE) hanno un funzionamento basato sullo strisciamento di una superficie di PTFE ed una di metallo, l'una concava e l'altra convessa, disposte su opportune piastre di supporto. Le superfici di scorrimento possono essere cilindriche o sferiche

Allo scopo di consentire traslazioni nel piano orizzontale, gli appoggi a contatto possono essere accoppiati con elementi di scorrimento in accordo alla UNI EN 1337-2

26.2.7.2 Caratteristiche e requisiti funzionali

Gli apparecchi d'appoggio con superfici di scorrimento in PTFE cilindrici permettono rotazioni attorno a un asse, realizzando una cerniera cilindrica, gli appoggi sferici rotazioni attorno a un asse qualsiasi,

realizzando una cerniera sferica. Gli appoggi con superfici di scorrimento in PTFE trasmettono forze verticali e orizzontali; le azioni orizzontali sono trasmesse per contatto tra le superfici di scorrimento, dimensionandone adeguatamente la curvatura, oppure prevedendo opportuni dispositivi meccanici.

La superficie metallica a contatto con il PTFE deve essere dimensionata in modo tale da coprire completamente, anche sotto carico, il foglio di PTFE. Non deve inoltre esserci alcun contatto tra gli elementi metallici di supporto superiori ed inferiori.

26.2.7.3 Materiali

I materiali e gli accoppiamenti di materiali relativi alle superfici di scorrimento, essendo gli stessi i principi di funzionamento, sono quelli specificati nel Par.5 della UNI EN 1337-2 (Superfici di scorrimento).

26.2.7.4 Regole di Progetto

Per le regole di Progetto si rimanda integralmente al Par. 6 della UNI EN 1337-7.

26.2.7.5 Manifattura, assemblaggio e tolleranze

Valgono le considerazioni svolte al Par. 7 della UNI EN 1337-7.

26.2.7.6 Valutazione di conformità

La valutazione di conformità del prodotto e della sua manifattura alla Normativa Europea, comprendente controllo di materiali e lavorazioni, esecuzione di prove e ispezioni con eventuali 'audit-testing' effettuati da parti terze, redazione di documentazione e certificati attestanti la qualità dei materiali costituenti e del prodotto finale, etc., sarà in accordo al Par. 8 della UNI EN 1337-7.

26.3 Dispositivi antisismici

26.3.1 Generalità

I dispositivi antisismici sono elementi aventi la funzione di adeguare la risposta della struttura alla sollecitazione sismica secondo specifiche strategie progettuali di protezione.

Al sistema di protezione strutturale individuato dai dispositivi antisismici, considerandone il ruolo critico, è richiesta un'affidabilità particolare. Tale affidabilità si ritiene conseguita se il sistema è progettato e verificato in accordo all'Allegato 3 della OPCM no 3274 (Norme Tecniche per il Progetto Sismico dei Ponti).

In particolare, i dispositivi antisismici e le loro connessioni alla struttura saranno conformi ai seguenti requisiti:

a) Stato limite di danno (SLD)

I dispositivi dovranno essere progettati, realizzati e messi in opera per sopportare un'azione sismica, come definita dal Progettista, avente maggior probabilità di occorrenza di quella di Progetto (periodo di ritorno inferiore), senza pervenire a danni che possano comprometterne il funzionamento (sia in condizioni di servizio che per il terremoto di Progetto allo SLU), né possano implicare interruzioni d'esercizio, limitazioni d'uso e consistenti riparazioni immediate. In caso di sistemi a comportamento non lineare, eventuali spostamenti residui al termine della azione sismica allo SLD dovranno essere compatibili con la funzionalità della struttura. Le eventuali connessioni fra le diverse parti devono assorbire gli spostamenti relativi massimi ottenuti dal calcolo senza subire danni o condurre a restrizioni d'uso.

b) Stato limite ultimo (SLU)

I dispositivi dovranno essere progettati, realizzati e messi in opera per sopportare l'azione sismica di Progetto, come definita dal Progettista, senza pervenire a collassi locali o globali, mantenendo, dopo l'evento sismico, integrità funzionale e una residua resistenza meccanica. In particolare, i dispositivi devono essere in grado di sostenere, senza rotture, gli spostamenti massimi propri del dispositivo valutati per un terremoto avente periodo di ritorno superiore a quello di Progetto allo SLU, ottenuto amplificando quest'ultimo del 20%. Nelle condizioni di massima sollecitazione, inoltre, le parti dei dispositivi non impegnate nella azione dissipativa o di isolamento dovranno rimanere in campo elastico.

26.3.2 Strategie di protezione antisismica

Specifiche strategie progettuali di protezione antisismica possono essere attuate con l'inserimento di particolari dispositivi all'interno della struttura, generalmente tra impalcato e sottostruttura. Tali strategie, da sole od opportunamente combinate tra loro, possono essere suddivise in alcune classi fondamentali, rispetto alle quali sono individuate le seguenti tipologie di dispositivi.

Dispositivi a dissipazione (meccanici e fluidodinamici) : l'energia trasferita alla struttura con l'azione sismica viene parzialmente dispersa attraverso un dispositivo dissipatore (a comportamento elasto-

plastico, viscoso, visco-elastico, etc.); la curva caratteristica F-d (forza-spostamento) propria del dispositivo, impone inoltre un limite superiore alle azioni trasmesse agli elementi strutturali.

Dispositivi ad isolamento: attraverso l'inserimento di dispositivi isolatori, si incrementa il periodo fondamentale delle oscillazioni proprie del sistema strutturale, spostandolo nel campo di accelerazioni di risposta minori e riducendo in tal modo l'energia sismica trasmessa dal terreno alla struttura.

Dispositivi a collegamento rigido temporaneo (vincoli ausiliari) : in punti opportuni tra impalcato e sottostrutture, sono inseriti dispositivi fluidodinamici ('Shock Transmitters') che trasmettono le forze orizzontali solo in caso di sollecitazioni dinamiche impulsive (sisma, frenatura, raffiche di vento, etc.), consentendo invece il libero movimento della struttura in condizioni di esercizio sotto l'effetto di azioni applicate lentamente (variazioni termiche, viscosità, ritiro, etc.). In tal modo l'azione sismica, altrimenti concentrata in uno o in un numero limitato di punti fissi, viene ripartita in diversi punti.

Ai fini della ottimizzazione della risposta sismica della struttura, è possibile prevedere una combinazione di impiego dei vari dispositivi descritti.

E' inoltre possibile combinare, in un unico dispositivo, appoggi scorrevoli tradizionali in acciaio-PTFE (indicati dalla OPCM 3274 come isolatori a scorrimento), che svolgono la funzione di trasmettere i carichi verticali e consentire gli spostamenti orizzontali e le rotazioni, con una serie di elementi che controllano le forze orizzontali e possono svolgere la funzione di dissipare energia. Tali elementi sono solitamente dissipatori isteretici in acciaio, dissipatori viscosi o 'Shock Transmitters'.

26.3.3 Dissipatori meccanici (dispositivi a comportamento non lineare)

I dissipatori meccanici sono dispositivi a comportamento elastoplastico, il cui funzionamento è basato sulla deformazione di elementi metallici ad alta duttilità che assicurano, sotto le azioni alternate e ripetute del sisma, una elevata ripetitività dei cicli isteretici utili e un'alta capacità dissipativa. Inoltre, le caratteristiche elastoplastiche degli elementi impegnati consentono la trasmissione alla struttura, una volta superata la soglia plastica, di una sollecitazione limitata al crescere della deformazione.

Le curve caratteristiche F-d (forza-spostamento) di tali dispositivi, sostanzialmente indipendenti dalla velocità di applicazione della forza, possono generalmente essere schematizzate con una bilatera che ne definisce il comportamento non lineare attraverso le coordinate corrispondenti al limite teorico del comportamento elastico lineare (F1-d1) e le coordinate corrispondenti al valore limite di Progetto dello spostamento allo SLU (F2-d2).

Le curve caratteristiche dei dispositivi, al terzo ciclo di carico, dovranno essere conformi ai parametri indicati al Par. 9.4.3 dell'Allegato 3 della OPCM no 3274.

Alla categoria dei dissipatori meccanici possono essere riferiti anche i dissipatori con elementi in lega a memoria di forma, che sfruttano la capacità di particolari leghe metalliche di subire grandi deformazioni (circa dieci volte superiori a quelle di un metallo comune), limitando le forze trasmesse e, nel contempo, recuperando la forma originaria ad impegno esaurito. Risultando attualmente il loro impiego estraneo al campo stradale, non sono considerati oggetto della presente norma.

26.3.4 Dissipatori fluidodinamici (dispositivi a comportamento viscoso)

I dissipatori fluidodinamici hanno un funzionamento basato sui principi del moto di un fluido in un circuito idraulico. Sono costituiti essenzialmente da un cilindro riempito di fluido siliconico e da un pistone, libero di muoversi nelle due direzioni, che crea due camere comunicanti entro cui avviene il movimento del fluido. In presenza di azioni dinamiche impulsive e della conseguente richiesta di movimenti rapidi, derivanti ad esempio dalla sollecitazione sismica, all'interno del circuito idraulico dell'apparecchio si verifica la laminazione del fluido, fenomeno che conduce a una risposta del dispositivo secondo curve forza-spostamento che possono essere assimilate a curve lineari (tipo elastico) o bilineari (tipo elastoplastico o rigidoplastico), in funzione delle caratteristiche del circuito idraulico e del fluido impiegato. In presenza di movimenti lenti, derivanti ad esempio dalle escursioni termiche dell'impalcato, è invece consentito il movimento del pistone e il regolare travaso del fluido da una camera all'altra con reazione trascurabile (in alcuni casi, in funzione di particolari richieste progettuali, il travaso può essere impedito, ottenendo, in fase di esercizio, un comportamento rigido del dispositivo). Anche in questo caso

si ottiene una riduzione delle azioni trasmesse alla struttura in fase sismica, grazie alla elevata capacità dissipativa del sistema.

I dissipatori viscosi presentano un legame forza-velocità del tipo:

- $F = C V^\alpha$

Con C , α = costanti numeriche identificabili sperimentalmente mediante prove a diverse velocità (in conformità all'Allegato 10B della OPCM no 3274).

Il comportamento dei dissipatori è caratterizzato sostanzialmente da due parametri: la massima forza sviluppata F_{max} e l'energia dissipata in un ciclo E_d , per una prefissata ampiezza e frequenza, ossia dalle costanti C e α (essendo α un valore prossimo allo zero, si ha che i dispositivi reagiscono con una forza praticamente costante in un ampio intervallo di velocità).

L'identificazione di tali parametri ai fini della definizione meccanica del dispositivo dovrà essere fatta con riferimento ai valori di forza massima e energia dissipata durante il terzo ciclo di carico, dovendo risultare non superiore al 10% la differenza tra valore teorico e valore sperimentale delle grandezze dette.

Le caratteristiche meccaniche F_{max} e E_d dei dispositivi reali, valutate per velocità di applicazione degli spostamenti pari a quelle di Progetto, dovranno essere conformi ai parametri indicati al Par. 9.4.4 dell'Allegato 3 della OPCM no 3274.

Nella famiglia dei dissipatori viscosi rientrano i dissipatori viscosi ricentranti, che presentano una legge costitutiva visco-elastica del tipo:

- $F = F_0 + Kx + C V^\alpha$

Dove F_0 rappresenta una eventuale forza minima di soglia o precarica e gli altri due termini rispettivamente il contributo elastico e quello viscoso.

Il funzionamento di tali dispositivi consente, oltre alla dissipazione energetica legata ai fenomeni viscosi, una modifica della rigidità della struttura, grazie all'introduzione di un elemento elastico, che porta la risposta dinamica del sistema in un campo di frequenze più favorevoli. Inoltre le caratteristiche elastiche dell'apparecchio consentono il ricentraggio del sistema dopo la sollecitazione dinamica.

26.3.5 Dispositivi a vincolo rigido temporaneo

I dispositivi a vincolo rigido temporaneo (Shock Transmission Units) sono dispositivi fluidodinamici simili a quelli descritti in precedenza. In questo caso però, in virtù di differenti meccanismi di controllo nel circuito idraulico dell'apparecchio, il dispositivo, sotto sollecitazioni impulsive derivanti da sisma o da altre azioni dinamiche, si blocca, consentendo la trasmissione delle forze alla struttura con spostamenti limitati. Nel caso di movimenti lenti, come nel caso precedente, è consentito il movimento del dispositivo, senza trasmissione di azioni significative.

Per garantire che tutti i dispositivi installati siano sollecitati simultaneamente e in modo omogeneo, i dispositivi a vincolo rigido temporaneo possono essere dotati di un limitatore di forza, che limita la azione trasmessa ad un determinato valore (in genere di poco superiore al valore di soglia trasmesso in caso di azione dinamica).

26.3.6 Dispositivi ad isolamento

26.3.6.1 Dispositivi isolatori elastomerici

I dispositivi isolatori elastomerici sono dispositivi d'appoggio costituiti da strati alterni di elastomero e di acciaio, collegati mediante vulcanizzazione, in modo del tutto simile agli apparecchi d'appoggio elastomerici tradizionali. L'inserimento degli isolatori tra sovra e sottostruttura consente, come visto, di introdurre nel sistema resistente un elemento di disaccoppiamento del moto e di conseguenza di ottenere un abbattimento delle accelerazioni sismiche trasmesse dal terreno alla struttura.

A differenza degli apparecchi d'appoggio tradizionali, i dispositivi isolatori elastomerici devono essere sempre collegati alla sovra e sottostruttura con collegamenti di tipo meccanico.

I dispositivi isolatori sono caratterizzati da una ridotta rigidità orizzontale, per garantire il disaccoppiamento del moto orizzontale della struttura da quello del terreno, da una elevata rigidità verticale, per sostenere i carichi verticali senza cedimenti apprezzabili e, in diversa misura in funzione delle caratteristiche della miscela elastomerica (isolatori a basso o alto smorzamento), da opportune capacità dissipative.

Gli isolatori elastomerici sono individuati attraverso le curve caratteristiche forza-spostamento e tramite i parametri di rigidità

equivalente K_e e di smorzamento viscoso equivalente ξ_e , come definiti al Par. 9.4.1 all'Allegato 3 della OPCM no 3274. I parametri K_e e ξ_e dei dispositivi reali, valutati in corrispondenza dello spostamento massimo di Progetto d2 del dispositivo, potranno avere variazioni conformi a quelle indicate nel paragrafo citato.

La ridotta capacità dissipativa, circostrive nel caso generale il campo d'azione degli isolatori descritti a zone di bassa e media sismicità. Il loro impiego in zone ad alta sismicità è possibile se combinato con quello di altri tipi di apparecchi, generalmente dispositivi a dissipazione, che riducono ulteriormente le sollecitazioni trasmesse alla struttura, contenendone al contempo gli spostamenti.

Inoltre la bassa rigidità orizzontale del dispositivo, che potrebbe causare spostamenti inaccettabili anche in condizioni di esercizio (vento, azioni di frenatura, etc.), limita l'applicazione degli isolatori elastomerici, se utilizzati da soli, a strutture medio-piccole.

Per incrementarne la capacità dissipativa, gli isolatori elastomerici possono essere dotati di un nucleo centrale in piombo, che può plasticizzarsi sotto rilevanti azioni orizzontali. Altra prerogativa degli isolatori con nucleo in piombo è quella di essere caratterizzati da una curva forza-spostamento di tipo bilineare con il tratto iniziale molto rigido, aspetto che permette di limitare gli spostamenti anche sotto l'azione di non trascurabili azioni orizzontali d'esercizio.

26.3.6.2 Dispositivi isolatori ad attrito

Gli isolatori ad attrito con superficie di scorrimento concava ("Friction Isolation Pendulum") sono una particolare categoria di isolatori. Sono costituiti da una cerniera sferica che funge da appoggio strutturale (è in grado cioè di trasmettere i carichi verticali e consentire le rotazioni) e da una superficie di scorrimento concava in grado di consentire spostamenti in tutte le direzioni. Il movimento verticale relativo tra l'impalcato, di fatto isolato in quanto reso mobile in tutte le direzioni, e la sottostruttura, trasforma una parte della energia cinetica ricevuta dalla struttura in energia potenziale, permettendo che l'attrito sviluppato durante lo scorrimento delle parti a contatto porti a dissipare energia. La configurazione delle superfici di contatto e l'effetto del peso proprio consentono la restituzione dell'energia potenziale accumulata dalla sovrastruttura, che, successivamente

all'azione sismica, torna in una posizione prossima a quella iniziale, ricentrando il sistema.

Tali dispositivi devono sostanzialmente essere progettati, costruiti e verificati in accordo alla UNI EN 1337-2 e alla UNI EN 1337-7 con particolare attenzione alle condizioni di esercizio in cui l'attrito quasi-statico è normalmente inferiore a quello dinamico.

Gli isolatori ad attrito, utilizzati all'estero, hanno finora trovato soltanto limitatissime applicazioni in Italia.

26.3.7 Dispositivi a comportamento lineare o quasi lineare

I dispositivi a comportamento lineare o quasi lineare comprendono una serie di apparecchi di varia concezione (dischi in elastomero disposti tra piastre metalliche di supporto, dispositivi elastici in acciaio, sistemi combinati di barre in acciaio accoppiate ad elementi in gomma, etc.). La loro caratteristica comune è quella di trasmettere soltanto azioni orizzontali, introducendo nel sistema resistente, come nel caso degli isolatori, un elemento di disaccoppiamento del moto (costituito essenzialmente da una molla orizzontale) e limitando in tal modo le accelerazioni trasmesse alla struttura.

Le caratteristiche di tali dispositivi saranno conformi al Par. 9.4.5 all'Allegato 3 della OPCM no 3274

26.3.8 Indicazioni progettuali

L'alloggiamento dei dispositivi ed il loro collegamento alla struttura devono essere concepiti in modo tale da assicurarne l'accesso e rendere i dispositivi stessi ispezionabili e sostituibili. E' necessario anche prevedere adeguati sistemi di contrasto idonei a consentire l'eventuale ricentraggio dei dispositivi (qualora queste caratteristiche non siano proprie del dispositivo) qualora, a seguito di un sisma, si possano avere spostamenti residui incompatibili con la funzionalità del ponte e con il corretto funzionamento del sistema di protezione antisismico.

La definizione del comportamento meccanico del dispositivo (da documentare con chiarezza da parte del Fornitore), sia ai fini del calcolo strutturale generale che ai fini del dimensionamento del dispositivo stesso, sarà basata su un modello realistico e su prove di laboratorio accertate, controllando in particolare che non siano introdotte sfavorevoli sovraresistenze e sovrarigidezze rispetto alle esigenze progettuali.

I dispositivi isolatori soggetti a forze di trazione o sollevamento durante l'azione sismica dovranno essere in grado di sopportare tali azioni senza perdere la loro funzionalità strutturale. Tali effetti andranno presi in conto nel Progetto del dispositivo e controllati attraverso verifiche sperimentali.

Gli isolatori elastomerici saranno calcolati allo SLU in accordo all'Appendice A della OPCM no 3274.

La corsa disponibile dei dispositivi fluidodinamici dovrà tener conto dei movimenti di origine termica e di tutti gli effetti a lungo termine, con gli opportuni margini di sicurezza richiesti dal Progettista. La corsa minima dei dispositivi da ponte sarà pari a +/- 50mm.

I giunti strutturali e i varchi tra parti contigue dovranno essere dimensionati in modo da consentire il corretto funzionamento dei dispositivi antisismici, senza ostacolare gli spostamenti previsti delle parti isolate.

26.3.9 Materiali

I materiali impiegati per la realizzazione dei dispositivi, la cui qualità dovrà essere comprovata mediante idonea certificazione, saranno quelli previsti in sede di Progetto. I materiali saranno compatibili con le temperature di esercizio, interne ed esterne, dei dispositivi.

Gli acciai, i metalli a base ferrosa, i materiali a contatto delle superfici di scorrimento, le gomme degli isolatori elastomerici ordinari e, in generale, tutti i materiali comuni a quelli previsti per i dispositivi di appoggio strutturale, saranno conformi alle caratteristiche indicate nella UNI EN 1337.

Per tutti gli altri materiali previsti nel Progetto dei dispositivi dovranno essere indicate le normative di riferimento. Qualora non esistano normative di riferimento il fornitore dovrà corredare il Progetto con idonea documentazione sperimentale comprovante le caratteristiche del materiale utilizzato.

Le superfici attive degli elementi mobili dei dispositivi fluidodinamici saranno in acciaio inossidabile o rivestite in altro metallo (cromo, nichel), a protezione dalla corrosione e dall'usura. I fluidi viscosi utilizzati nei dissipatori fluidodinamici, preferibilmente a base siliconica, dovranno risultare non tossici, ininfiammabili, chimicamente inerti e privi di additivi soggetti a deposito.

Per tirafondi, bulloneria di ancoraggio e collegamento, etc. sarà impiegato acciaio ad alta resistenza. Le malte, i betoncini e le resine per l'alloggiamento dei dispositivi avranno le caratteristiche indicate nel relativo paragrafo.

26.3.10 Prove e criteri di accettazione

Le prove di accettazione dei materiali e i criteri di qualifica e accettazione dei dispositivi saranno conformi all'Appendice 10B della OPCM no 3274. Valgono in particolare le indicazioni riportate nel seguito.

26.3.10.1 Isolatori in materiale elastomerico ed acciaio

Prove di accettazione sui materiali

Le prove di accettazione sui materiali sono quelle previste dalle norme sugli apparecchi di appoggio, con le seguenti variazioni ed aggiunte.

- Le prove di invecchiamento vanno effettuate per 21 giorni a 70°C; la variazione del modulo G deve essere contenuta entro il 20% del valore iniziale.
- Il modulo G deve essere determinato anche per una deformazione tangenziale pari a $\pm 100\%$.

Prove di qualificazione sui dispositivi

Le seguenti prove di qualificazione sui dispositivi, possono essere estese a tutti i dispositivi geometricamente simili, come definito nell'All. 10B della OPCM no 3274, e prodotti con gli stessi materiali di quelli provati. Esse debbono essere effettuate nell'ordine e con le modalità specificate nell'All. 10B della OPCM no 3274.

- Determinazione statica della rigidità a compressione secondo UNI EN 1337.
- Determinazione statica, sotto compressione costante, del modulo statico di taglio G UNI EN 1337.
- Determinazione dinamica, sotto compressione costante, del modulo dinamico di taglio G_{din} e dello smorzamento ξ (mediante prove cicliche sinusoidali), con l'obbligo per G_{din} di ricadere nell'intervallo $0,35 \div 1,40$ MPa.
- Determinazione delle curve $G-\gamma$ e $\xi-\gamma$ (γ = deformazione di taglio) mediante le prove dinamiche cicliche precedentemente descritte.
- Determinazione delle caratteristiche di 'creep' mediante prove di compressione sotto compressione costante e almeno pari al massimo valore della tensione di compressione di Progetto per le sole azioni di

servizio, della durata di almeno 7 giorni; la deformazione verticale per 'creep' deve essere inferiore al 20% della deformazione statica sotto il carico V (azione normale massima di Progetto sull'isolatore); il valore di riferimento della deformazione statica sarà assunto pari a quello misurato dopo 10 minuti dall'inizio dell'applicazione del carico.

- Valutazione della stabilità del dispositivo sotto compressione e taglio.
- Valutazione della capacità di sostenere, sotto compressione costante e almeno pari al valore massimo della tensione di compressione di Progetto, almeno 10 cicli con spostamento massimo impresso almeno pari a $1,2 d_2$ (d_2 = spostamento massimo di Progetto allo SLU del dispositivo).
- valutazione di efficacia dell'aderenza elastomero-acciaio, effettuata sottoponendo l'isolatore, sotto compressione costante almeno pari al valore massimo della tensione di compressione di Progetto, a una deformazione $\gamma \geq 2,5$ senza che si verificano danni.

Le prove di qualificazione devono essere effettuate su almeno 4 dispositivi, due per le prove senza invecchiamento e due per le prove dopo invecchiamento artificiale, ottenuto mantenendo i dispositivi di prova per 21 giorni a 70°C. L'invecchiamento dovrà comunque essere preceduto dalla determinazione statica della rigidità a compressione e del modulo statico di taglio G, secondo le modalità definite, per valutare le caratteristiche dei dispositivi sottoposti a invecchiamento prima dell'invecchiamento stesso. I valori di G dopo l'invecchiamento non devono superare di 1,15 volte i valori di G prima dell'invecchiamento. La validità delle prove di invecchiamento potrà essere estesa a tutti i dispositivi realizzati con la stessa miscela, indipendentemente dai rapporti di forma. Per qualificare lo stesso dispositivo per diversi valori della tensione di compressione le prove possono essere ripetute in sequenza sugli stessi dispositivi da qualificare, verificando che tra una prova e la successiva non si siano verificati danni ai dispositivi.

I dispositivi sottoposti a prove di qualificazione non potranno essere utilizzati nella costruzione.

Prove di accettazione sui dispositivi

Le prove di accettazione sui dispositivi, che saranno effettuate con le modalità viste per le prove di qualificazione e si riterranno superate se i risultati ottenuti soddisfano i limiti sotto specificati e se il modulo

statico di taglio G non differisce da quello delle prove di qualificazione di oltre il $\pm 10\%$, sono le seguenti.

- Misura della geometria esterna che dovrà rispettare le tolleranze prescritte dalle norme sugli apparecchi di appoggio, con l'unica deroga dei dispositivi di altezza superiore a 100 mm per i quali la tolleranza sulle altezze è compresa tra 0 e 6 mm.
- Determinazione statica della rigidezza verticale tra il 30% e il 100% del carico V UNI EN 1337.
- Determinazione statica del modulo statico di taglio G con le modalità specificate per le prove di qualificazione.
- Valutazione di efficacia dell'aderenza elastomero-acciaio, con le modalità specificate per le prove di qualificazione, ma adottando per la deformazione γ il valore corrispondente allo spostamento d_2 .

Le prove di accettazione devono essere effettuate su almeno il 20% dei dispositivi, e comunque non meno di 4.

26.3.10.2 Dispositivi a comportamento non lineare e lineare

Prove di accettazione sui materiali

Le prove di accettazione sui materiali sono quelle previste dalle vigenti norme e finalizzate ad accertare la tensione e l'allungamento al limite elastico, la tensione e l'allungamento a rottura del materiale costituente gli elementi base del dispositivo. Esse sono finalizzate ad individuare i valori medi e quelli caratteristici delle quantità suddette e la prevedibile costanza di comportamento del materiale considerato e debbono permettere di estrapolare il comportamento del materiale da quello del dispositivo e di verificare la sostanziale invariabilità del comportamento del dispositivo rispetto alle variazioni ambientali, la temperatura interna, l'invecchiamento.

Il tipo e le modalità di prova verranno stabiliti di volta in volta dal produttore, in relazione al tipo di materiale, e verranno giustificati con una relazione, di cui il produttore si assumerà piena e completa responsabilità, che chiarisca in ogni dettaglio il rapporto tra comportamento del materiale e comportamento del dispositivo.

Prove di qualificazione sui dispositivi

Le prove di qualificazione sui dispositivi, che possono essere estese a tutti i dispositivi geometricamente simili e prodotti con gli stessi materiali di quelli provati, sono le seguenti.

- Prova "preliminare", condotta imponendo al prototipo almeno 5 cicli completi di deformazioni alternate, con ampiezza massima non inferiore a $\pm 0,1 d_2$, $\pm 0,2 d_2$, $\pm 0,3 d_2$, $\pm 0,5 d_2$, $\pm d_2$ (d_2 = spostamento massimo di Progetto allo SLU del dispositivo).
- Prova "quasi statica", condotta imponendo al prototipo almeno 5 cicli completi di deformazioni alternate, con ampiezza massima riferita al prototipo reale pari a $\pm 1,2 d_2$.
- Prova "dinamica", condotta imponendo al prototipo almeno 5 cicli completi di deformazioni alternate, con ampiezza massima riferita al prototipo reale pari a $\pm 1,2 d_2$, applicando le deformazioni imposte con una velocità mediamente pari a quella che si può verificare nel caso del terremoto di Progetto relativo allo stato limite ultimo ed assimilabile, in mancanza di specifiche valutazioni, a quella corrispondente ad una frequenza di 0,5 Hz per ogni ciclo completo.

La "prova dinamica" può essere sostituita da una replica della prova statica, qualora il materiale degli elementi base sia acciaio o altro materiale il cui comportamento ciclico non dipenda dalla velocità di deformazione, in un 'range' del $\pm 30\%$ intorno al valore di Progetto. Tale proprietà dovrà, eventualmente, essere verificata attraverso apposite prove sui materiali o sugli elementi base.

Le prove di qualificazione devono essere effettuate su almeno 2 dispositivi. I dispositivi sottoposti a prove di qualificazione potranno essere utilizzati nella costruzione solo se gli elementi sollecitati in campo non lineare vengono sostituiti o se la loro resistenza alla fatica oligociclica è di un ordine di grandezza superiore al numero dei cicli delle prove.

Prove di accettazione sui dispositivi

Le prove di accettazione sui dispositivi, che saranno effettuate con le modalità già viste per le prove di qualificazione e si riterranno superate se i risultati ottenuti non differiranno da quelli delle prove di qualificazione di oltre il $\pm 10\%$, sono le seguenti.

- Misura della geometria esterna, con tolleranza di $\pm 10\%$ sugli spessori e $\pm 5\%$ sulle lunghezze.
- Prova ciclica condotta imponendo al prototipo almeno 4 cicli completi di deformazioni alternate, con ampiezza massima non inferiore a $\pm d_2/20$, volte a determinare il valore della rigidità teorica iniziale K_1 .

• Le prove di accettazione devono essere effettuate su almeno il 20% dei dispositivi, comunque non meno di 4. Su almeno un dispositivo verrà anche condotta una prova "quasi statica", imponendo almeno 5 cicli completi di deformazioni alternate, con ampiezza massima pari a $\pm 1,2d_2$. Il dispositivo non potrà essere utilizzato nella costruzione, a meno che il suo perfetto funzionamento non sia ripristinabile con la sostituzione degli elementi base.

26.3.10.3 Dispositivi a comportamento viscoso

Prove di accettazione sui materiali

Le prove di accettazione sui materiali sono quelle previste dalle vigenti norme. Esse debbono permettere di estrapolare il comportamento dal materiale a quello del dispositivo e di verificare la sostanziale invariabilità del comportamento del dispositivo rispetto alle variazioni ambientali, alla temperatura interna, all'invecchiamento. Il tipo e le modalità di prova verranno stabiliti di volta in volta dal produttore, in relazione al tipo di materiale, e verranno giustificati con una relazione, di cui il produttore si assumerà piena e completa responsabilità, che chiarisca in ogni dettaglio il rapporto tra comportamento del materiale e comportamento del dispositivo.

Prove di qualificazione sui dispositivi

Le prove di qualificazione sui dispositivi, che possono essere estese a tutti i dispositivi geometricamente simili e prodotti con gli stessi materiali di quelli provati, sono le seguenti.

- Prova "preliminare", finalizzata alla verifica dei parametri caratterizzanti il comportamento del dispositivo, condotta imponendo al prototipo almeno 4 cicli completi di deformazioni alternate, con rampe a velocità costante e ampiezza massima riferita al prototipo reale non inferiore a $\pm 0,5 d_2$, per almeno 5 diversi valori della velocità di spostamento, pari al 25%, 50%, 75%, 100%, 125% del valore di Progetto.
- Prova "dinamica", condotta imponendo al prototipo almeno 10 cicli completi di deformazioni alternate, eventualmente effettuati in due serie di 5 cicli consecutivi, con ampiezza massima riferita al prototipo reale pari a $\pm 1,2d_2$, applicando le deformazioni imposte con una velocità mediamente pari a quella che si può verificare nel caso del terremoto di Progetto relativo allo stato limite ultimo ed assimilabile, in mancanza di specifiche valutazioni, a quella corrispondente ad una frequenza di 0,5 Hz per ogni ciclo completo di ampiezza massima $\pm d_2$.

Le prove di qualificazione devono essere effettuate su almeno 2 dispositivi. I dispositivi sottoposti a prove di qualificazione potranno essere utilizzati nella costruzione, previa verifica della loro perfetta integrità a seguito delle prove.

Prove di accettazione sui dispositivi

Le prove di accettazione sui dispositivi, che saranno effettuate con le modalità già viste per le prove di qualificazione e si riterranno superate se i risultati ottenuti non differiranno da quelli delle prove di qualificazione di oltre il $\pm 10\%$, sono le seguenti.

- Misura della geometria esterna, con tolleranza di $\pm 10\%$ sugli spessori e $\pm 5\%$ sulle lunghezze.
- Prova "dinamica", condotta imponendo al prototipo almeno 10 cicli completi di deformazioni alternate, eventualmente effettuati in due serie di 5 cicli consecutivi, con ampiezza massima pari a $\pm d_2$, applicando le deformazioni imposte con una velocità mediamente pari a quella che si può verificare nel caso del terremoto di Progetto relativo allo stato limite di danno ed assimilabile, in mancanza di specifiche valutazioni, a quella corrispondente ad una frequenza di 0,5 Hz per ogni ciclo completo di ampiezza massima $\pm d_2$.

Le prove di accettazione devono essere effettuate su almeno il 20% dei dispositivi, comunque non meno di 4.

26.4 Protezione

26.4.1 Generalità

Devono essere adottate misure di protezione degli appoggi strutturali e dei dispositivi antisismici (definiti nel seguito generalmente come apparecchi) dagli effetti degli agenti aggressivi dell'ambiente e di altre cause esterne che potrebbero ridurre la vita utile prevista. I riferimenti normativi in merito sono contenuti nel Par. 2 della UNI EN 1337-9.

Andranno raccolte informazioni sulle caratteristiche dell'ambiente di destinazione, in particolar modo se atteso più aggressivo dell'ambiente marino, per poter attuare interventi protettivi adeguati. In linea generale, le misure di protezione contro la corrosione si attuano o selezionando materiali per i quali l'ambiente a cui sono destinati non risulti aggressivo o dotando le parti esposte dell'apparecchio di un rivestimento protettivo o mediante altre soluzioni (es. bagno d'olio) per isolare l'appoggio dall'ambiente circostante.

Misure protettive speciali possono essere richieste in particolari circostanze (ad es. dove siano previste infiltrazioni di polvere e sabbia, nidificazioni di animali, etc.)

La struttura e gli apparecchi devono essere progettati in modo tale da permetterne agevolmente ispezione e manutenzione. Qualora si rendessero necessarie misure protettive speciali, queste devono essere rimovibili o comunque non costituire ostacolo alle operazioni di ispezione e manutenzione.

26.4.2 Requisiti

26.4.2.1 Protezione contro gli effetti ambientali

Le parti metalliche degli apparecchi devono essere protette contro la corrosione. Sono escluse le superfici soggette a scorrimento, rotazione, aderenza per attrito o carico concentrato.

Il sistema di protezione anticorrosiva, qualificato secondo la EN 1337-9, deve garantire che per un periodo di dieci anni dopo la consegna, gli appoggi siano conformi ai requisiti dettagliati di seguito.

- Densità di bolle non superiore al grado 1 della ISO 4628-2;
- Ossidazione non superiore al grado Ri: 1 della ISO 4628-3;
- Distacco del rivestimento non superiore alla classe 1 della ISO 4628-4;
- Desquamazione non superiore alla classe 1 della ISO 4628-5.

Se l'apparecchio deve essere installato in un ambiente più aggressivo di quello marino, si devono concordare requisiti particolari della protezione anticorrosiva.

Per definire il sistema di protezione anticorrosiva, si deve fornire la documentazione seguente:

- Procedura seguita per la protezione anticorrosiva degli apparecchi;
- Specifiche dei fornitori del materiale;
- Prove.

Quanto sopra deve includere come minimo quanto segue:

- Grado di preparazione della superficie (per esempio Sa 2^{1/2} secondo ISO 8501 Sa);
- Tipo di rivestimento protettivo (per esempio zincatura a spruzzo, due strati di vernice epossidica-acrilica);
- Numero degli strati;

Per i sistemi di verniciatura:

- Numero dell'articolo e colore;
- Marchio di fabbrica e numero di riferimento del produttore;

- Numero della scheda tecnica;
- Luogo di applicazione;
- Modo di applicazione;
- Spessore minimo della pellicola secca;

Spessore locale massimo della pellicola secca;

Procedure per il trattamento di danni locali ai rivestimenti protettivi;

Risultati delle prove come da prospetto 1.

PROVA	NORMA	CRITERI DI ACCETTABILITÀ
Nebbia salina	UNI EN ISO 9227	Assenza di bolle ISO 4628/2 Assenza di ruggine ISO 4628/3 Assenza di distacco-Ri:1 ISO 4628/4 Assenza di sfaldatura ISO 4628/5
Spessore minimo del film secco	ISO 2808	Come specificato dal produttore della vernice
Adesione	ISO 2409	0 o 1
Urto	UNI EN ISO 6272	Nessun danno visibile con una massa di 1 kg ed un'altezza di caduta di 100 mm

Prospetto 1

Queste prove devono essere ripetute ogni cinque anni o quando è apportato un cambiamento al sistema di protezione anticorrosiva.

26.4.2.2 Corrosione elettrolitica

Qualora nello stesso apparecchio siano usati metalli diversi, occorre prevedere misure atte ad evitare la corrosione elettrolitica.

26.5 Manutenzione

E' necessario effettuare controlli e garantire una costante manutenzione degli apparecchi durante la fase di esercizio.

Le operazioni di ispezione, controllo e manutenzione, che non sono oggetto specifico del presente documento, andranno condotte in accordo alla UNI EN 1337-10.

Ogni apparecchio o, se sufficiente, ogni famiglia di apparecchi, dovrà essere dotato di un manuale di manutenzione, controfirmato dal Fornitore, in cui il Costruttore indicherà modalità, tempistica e frequenza degli interventi di controllo e manutenzione (ordinaria e straordinaria). Tale documentazione andrà allegata a partire dalla fase di presentazione del Progetto dell'apparecchio.

26.6 Trasporto, immagazzinamento e installazione

26.6.1 Generalità

Le operazioni di trasporto, immagazzinamento e installazione degli apparecchi saranno in accordo alla UNI EN 1337-11.

L'imballaggio deve essere accurato, in modo tale da evitare qualsiasi danno durante il trasporto. La movimentazione e l'installazione degli apparecchi devono essere eseguite solo da personale qualificato, le cui competenze e qualifiche devono essere documentate.

Gli apparecchi devono essere movimentati con cura e protetti da danni e contaminazioni. Se non è possibile movimentarli a mano, si provvederanno attacchi permanenti o temporanei che facilitino il sollevamento con mezzi meccanici.

Se gli apparecchi non sono installati nella struttura subito dopo la consegna, devono essere immagazzinati dall'utilizzatore su un apposito supporto, per esempio su assi, coperti da un telo protettivo e ventilati dal basso. L'immagazzinamento temporaneo deve garantire la protezione da inquinamento, da agenti atmosferici avversi (calore, pioggia, neve o grandine) e da contaminazioni o altri effetti negativi dovuti alle lavorazioni e al traffico di cantiere.

26.6.2 Disegni di installazione

La posa in opera degli apparecchi deve essere effettuata sulla base di disegni di installazione redatti dall'Appaltatore. Tali elaborati, da sottoporre alla approvazione della Direzione Lavori almeno un mese prima delle operazioni di posa, dovranno riportare tutti i dati richiesti per l'installazione (dimensioni, quote, inclinazioni, posizionamento planimetrico, tolleranze, qualità del materiale di sigillatura, eventuale prerogolazione in funzione della temperatura della struttura).

Gli elaborati dovranno anche riportare le tolleranze di fabbricazione e di montaggio, che dovranno, quando congruenti con la tipologia in esame, comprendere almeno le informazioni seguenti

Planarità dei piani di posa;

Parallelismo dei piani di interfaccia

Dimensioni delle sedi e predisposizioni

Posizione degli ancoraggi

26.6.3 Ispezione dopo la consegna

In cantiere, dopo la consegna e prima della posa, occorre controllare e registrare la condizione degli appoggi. Particolare attenzione deve essere data ai punti seguenti:

- a) danni visibili, con particolare riferimento alla protezione anticorrosiva.
- b) pulizia;
- c) sicurezza dei dispositivi di bloccaggio temporanei;
- d) conformità ai disegni costruttivi e di installazione;
- e) marcature sulla superficie degli apparecchi, marcatura degli assi x e y e, se necessario, marcatura della preregolazione sui lati delle piastre di supporto, identificazione dei punti di misurazione della rotazione e dello scorrimento;
- f) posizione di tutti i dispositivi che servono ad assicurare l'esatto posizionamento ed installazione degli appoggi, se previsti;
- g) indicatori di spostamento per gli appoggi mobili in direzione longitudinale, se previsti;
- h) entità e direzione della preregolazione, se prevista;
- i) possibilità di aggiustamento della preregolazione, se prevista;
- j) immagazzinamento temporaneo in cantiere.

26.6.4 Installazione

26.6.4.1 Generalità

Gli apparecchi devono essere installati in conformità a tutti i dettagli riportati sui disegni d'installazione e in accordo con le marcature sulla loro superficie (tipo, assi e direzioni dei movimenti consentiti, etc.). Non è consentito l'uso degli appoggi definitivi per operazioni (movimenti, trasmissione di forze, ecc.) anche se transitorie, legate alla tecnologia di realizzazione dell'opera, salvo specifica procedura approvata dal Progettista, da eseguire sotto la supervisione del Fornitore.

Gli apparecchi di appoggio devono essere posti in opera tra due superfici orizzontali anche in presenza di impalcati in pendenza. È consentita la ripresa di tale pendenza mediante inserimento di piastre a contatto con l'impalcato.

Gli appoggi devono avere punti di riferimento per consentire la misurazione dei movimenti orizzontali (appoggi mobili) e della rotazione.

Gli indicatori di movimento devono avere i limiti estremi di movimento marcati.

All'atto della posa in opera, la corsa disponibile degli appoggi mobili può essere preregolata rispetto alla temperatura media di posa in opera, in modo che l'asse di appoggio risulti, a deformazioni lente esaurite, centrato in condizione di temperatura media. La temperatura approssimativa prevalente nella struttura e, in casi particolari, le variazioni di temperatura in punti diversi nella struttura stessa, saranno valutate in accordo alla Appendice A della UNI EN 1337-11.

26.6.4.2 Posizionamento degli apparecchi

Di regola, gli apparecchi di appoggio sono installati su uno strato intermedio di malta di sigillatura. Solo gli appoggi di gomma senza piastre d'acciaio esterne possono essere posati direttamente sulla superficie di appoggio che deve essere pulita, asciutta, liscia e piana. In zona sismica, l'ancoraggio deve essere affidato, superiormente e inferiormente, a dispositivi di tipo meccanico, da dimensionare in funzione della totalità delle forze orizzontali da trasmettere (si assume che l'attrito, in questo caso, non eserciti resistenza nei confronti delle forze orizzontali).

Se specificato, devono essere usate viti di regolazione per regolare il posizionamento dell'apparecchio. In alternativa possono essere usati cunei o altri strumenti adatti.

In nessun caso si inseriranno elementi rigidi sotto gli appoggi. Ciò può essere evitato togliendo i supporti temporanei quando la malta ha raggiunto la resistenza richiesta.

L'apparecchio può:

- a) essere posato su uno strato bombato di malta plastica consistente in modo tale che l'eccesso di malta possa essere premuto fuori da tutti i lati; oppure
- b) essere sigillato mediante colata o iniezione di malta fluida, assicurando un'adeguata ventilazione. Gli appoggi ancorati con pioli sono generalmente installati con tecniche di colata o iniezione; oppure
- c) essere posato costipando la malta al di sotto di esso. Questo metodo è raccomandato solo quando la lunghezza del lato più corto è minore di 500 mm.

Per i tirafondi e la bulloneria di ancoraggio sarà impiegato acciaio ad alta resistenza.

Indipendentemente dal metodo usato, l'apparecchio deve poggiare su tutta la superficie di contatto prevista.

26.6.4.3 Montaggio della sovrastruttura

I componenti strutturali gettati in opera sono generalmente gettati direttamente sugli appoggi successivamente alla loro installazione. Si deve fare attenzione che l'appoggio sia pulito, che siano evitati danni provocati dal calcestruzzo umido e che l'appoggio possa essere sostituito senza difficoltà.

Nel caso di elementi di calcestruzzo prefabbricato o di acciaio si prenderanno opportune misure per assicurarne il contatto uniforme con l'appoggio.

Le dimensioni in pianta delle eventuali contropiastre devono essere maggiori o uguali a quelle dell'elemento a contatto. Nel caso di strutture in c.a. ordinario, realizzate in opera, dopo il posizionamento degli apparecchi, è ammesso omettere le contropiastre predisponendo opportuni tirafondi e garantendo, comunque, la sostituibilità degli appoggi.

La solidarizzazione alle strutture metalliche deve avvenire di regola esclusivamente mediante unioni di tipo meccanico.

Il fissaggio mediante saldatura è permesso solo in casi eccezionali e deve essere eseguito solo da personale qualificato. Devono essere prese misure per evitare danni provocati dal calore alle parti ad esso sensibili, come quelle di plastica.

Il sistema di protezione anticorrosiva deve essere ripristinato dopo la saldatura, se necessario.

26.6.4.4 Correzione della quota

Nel caso in cui occorra correggere la quota, l'operazione deve essere effettuata tramite colata o riempimento con malta fine o materiale simile.

La correzione di quota con l'aiuto di piastre metalliche aggiuntive è permessa solo se le superfici metalliche a contatto sono lavorate meccanicamente e se c'è garanzia che esse rimangano piane fino al completamento dell'installazione. La protezione anticorrosiva va estesa a tali piastre.

La correzione della quota deve essere eseguita solamente da personale qualificato.

26.6.4.5 Tolleranze di installazione

Se una qualsiasi tolleranza d'installazione data nelle varie parti della UNI EN 1337 non è rispettata, occorre valutarne le implicazioni strutturali e concordare adeguati provvedimenti.

26.6.4.6 Materiali di allettamento

Lo spessore della malta di sigillatura non armata tra l'appoggio e l'infrastruttura non supererà il minore dei seguenti valori:

50 mm oppure

$0.1 \times \text{area superficie di contatto/perimetro superficie di contatto} + 1.5$
mm

Inoltre lo spessore non deve essere minore di tre volte la dimensione massima dell'inerte.

L'idoneità della malta usata e il metodo di posa devono essere verificati con prove secondo le specifiche di riferimento.

Nel caso di malta cementizia, la superficie di calcestruzzo dell'infrastruttura deve essere saturata con acqua prima dell'installazione per prevenire la disidratazione. Immediatamente prima di colare la malta, qualsiasi residuo di acqua sulla superficie deve essere eliminato.

Quando si usa la malta di resina, le caratteristiche chimiche della resina e il rapporto resina inerti assicurerà una consistenza soddisfacente e un tempo di lavorabilità tale da consentire una corretta installazione con le condizioni del cantiere. Deve essere tenuta in considerazione la durabilità del prodotto in termini di resistenza, indurimento finale e forma.

Se la malta di resina è a diretto contatto con le superfici dell'appoggio, la compatibilità chimica ed il coefficiente di attrito devono essere verificati con prove a meno che non si possano dimostrare precedenti utilizzazioni soddisfacenti in condizioni simili.

I materiali di supporto comunemente utilizzati hanno le seguenti caratteristiche.

- **Malta cementizia**, premiscelata, colabile, con ritentore d'umidità liquido, ad elevatissima duttilità, contenente fibre sintetiche per ridurre gli effetti negativi del ritiro plastico e fibrorinforzata con fibre metalliche rigide (acciaio) per conferire duttilità, con le caratteristiche indicate nelle malte per ripristini di tipo MC3 (Art.22), salvo migliori disposizioni progettuali.

- **Betoncino cementizio**, colabile, ad elevatissima duttilità, ottenuto aggiungendo aggregati selezionati alla malta descritta in precedenza, con le caratteristiche indicate nei betoncini per ripristini di tipo B3 (Art. 22), salvo migliori disposizioni progettuali.

- **Malta di resina** per spessoramenti con le seguenti caratteristiche, salvo migliori disposizioni progettuali:

Resistenza a compressione ASTM D695: > 55 MPa a 7gg di stagionatura.

Modulo elastico ASTM D695: 7000 MPa a 7gg di stagionatura.

Resistenza a trazione per flessione ASTM D790: > 25 MPa a 7gg di stagionatura

Resistenza a trazione diretta ASTM D638: > 8 MPa a 7gg di stagionatura

Modulo elastico a trazione diretta ASTM D638: 9500 MPa a 7gg di stagionatura

- **Sigillante di natura polisolfurica** con le seguenti caratteristiche, salvo migliori disposizioni progettuali:

Resistenza a trazione - UNI EN 12311: 0,5 MPa.

Allungamento a rottura - UNI EN 12311: 250%.

Permeabilità all'acqua - UNI EN 1928: nulla.

Resistenza in nebbia salina - ASTM R 117: 650 h.

Durezza: 25 ShA.

- **Pasta di resina con funzione di adesivo** con le seguenti caratteristiche, salvo migliori disposizioni progettuali:

Resistenza a compressione: 90 MPa.

Resistenza a flessotrazione: 50 MPa.

Adesione al metallo - ASTM D 1002: 10 MPa.

Adesione al calcestruzzo - UNI 8298-1: 3 MPa (rottura del supporto in cls).

Ritiro lineare - ASTM D 2556: inferiore a 0,0013 cm/cm.

Modulo elastico secante a compressione - UNI 6556: 6 GPa.

Gel time - ASTM D 2471: 5°C=150 min; 20 °C=45 min.

26.6.4.7 Casseri per malta di sigillatura

I casseri non devono essere rimossi fino a che la malta non si sia sufficientemente indurita, ma devono essere rimossi completamente prima che l'appoggio diventi operativo. Non è permessa la rimozione tramite combustione.

26.6.4.8 Bloccaggi temporanei

Deve essere assicurato che al momento del collegamento alle strutture, gli apparecchi abbiano la configurazione geometrica prevista in Progetto. Ogni apparecchio che non sia intrinsecamente idoneo a mantenere la configurazione prevista deve essere dotato di un adeguato sistema di bloccaggio temporaneo. Questi sistemi non possono essere utilizzati per la trasmissione di sollecitazioni legate a fenomeni transitori dovuti alla tecnologia utilizzata per la realizzazione dell'opera. I sistemi di bloccaggio temporaneo devono essere posizionati in modo che sia possibile identificarli e rimuoverli facilmente al termine della loro funzione. Pertanto, tutti gli elementi che li compongono devono essere chiaramente identificabili e distinguibili dall'appoggio e devono essere colorati in modo diverso. I bloccaggi temporanei devono garantire il mantenimento della eventuale preregolazione del dispositivo.

26.6.4.9 Bloccaggi di forza

Quando sia richiesto dal Progetto dell'opera, possono essere utilizzati sistemi di bloccaggio provvisorio di forza allo scopo di assicurare un collegamento di tipo rigido durante la fase di costruzione dell'opera stessa.

Di norma questi sistemi devono essere distinti dall'apparecchio in sè e progettati in base ai dati indicati dal Progettista dell'opera. Nel caso essi debbano essere montati sull'apparecchio, solo al momento della rimozione di detti accessori lo stesso acquisterà la sua piena funzionalità.

I bloccaggi di forza devono essere realizzati in modo che possano essere facilmente rimossi o disattivati quando l'appoggio cui sono applicati è posto in opera. A tal fine, tutti gli elementi che li compongono devono essere chiaramente identificabili e distinguibili dall'appoggio e devono essere colorati in modo diverso.

In considerazione del previsto comportamento globale dell'opera durante il periodo di utilizzazione dei bloccaggi provvisori di forza, possono essere richiesti a quest'ultimo requisiti prestazionali particolari, quali per esempio:

- possibilità di essere disattivati sotto carico;
- possibilità di essere installati in stato di presollecitazione.

26.6.4.10 Rilascio della struttura sugli appoggi

Il rilascio della struttura sugli appoggi deve essere conforme al Progetto.

Le travi dovranno essere varate su calaggi e su idonei dispositivi che evitino il contatto accidentale con gli apparecchi e ne permettano un graduale abbassamento.

Qualsiasi vite di regolazione rimarrà in opera fino a che la malta di qualsiasi strato intermedio sia sufficientemente indurita. Successivamente tutti i sostegni provvisori rigidi, i dispositivi di regolazione e di bloccaggio devono essere rimossi prima che l'apparecchio diventi pienamente operativo, a meno che le viti di livellamento siano progettate per risultare inattive quando il carico finale viene applicato.

26.6.5 Registrazioni

Devono essere fatte le registrazioni delle ispezioni eseguite in accordo con il Par. 7 della UNI EN 1337-11 e dei risultati delle stesse sulla traccia del modulo campione riportato nell'Appendice B della UNI EN 1337-11. Deve essere redatta documentazione specifica sugli esiti delle ispezioni effettuate.

Se non concordato altrimenti, si deve tenere una registrazione di:

- a) data e ora dell'installazione;
- b) temperatura della struttura;
- c) regolazione dell'apparecchio;
- d) posizione dell'apparecchio relativa alla sovrastruttura, infrastruttura ed assi;
- e) condizioni dell'apparecchio, inclusa la protezione anticorrosiva;
- f) qualsiasi modifica fatta alla regolazione;
- g) stato dei dispositivi di bloccaggio provvisori;
- h) condizione del piano di appoggio;
- i) prova di idoneità della malta di sigillatura.

La data e l'ora del rilascio della struttura sull'apparecchio devono essere registrate e deve essere confermato che le viti dei dispositivi di bloccaggio provvisori sono state allentate o rimosse.

Ad avvenuto indurimento della malta di sigillatura si controllerà che l'apparecchio sia nella posizione di Progetto, che i dispositivi di bloccaggio provvisorio siano stati rimossi e che i valori dei franchi di scorrimento e di rotazione siano corretti.

Se appoggi mobili sono stati installati inizialmente come appoggi fissi (punti fissi provvisori), devono essere fatte e registrate ulteriori misure, dopo che i dispositivi di fissaggio sono stati rimossi.

26.6.6 Rifinitura finale

L'apparecchio non deve essere ostacolato nel suo funzionamento da qualsiasi rifinitura da effettuarsi in relazione alla protezione anticorrosiva. Esempi da evitare includono la sabbiatura delle superfici scorrevoli esposte e l'inzeppamento delle parti mobili per eccesso di vernice.

26.7 Piano di assicurazione qualità

Il piano di assicurazione di qualità (PAQ) comprende la descrizione del processo di produzione ed installazione degli apparecchi e l'indicazione di tutti i controlli che dovranno essere eseguiti per assicurare in modo soddisfacente la rispondenza degli apparecchi alle presenti Norme, in accordo a quanto specificato nei paragrafi precedenti.

Esso deve essere redatto dal Fornitore e dall'Appaltatore e consegnato alla Direzione Lavori unitamente al Progetto esecutivo degli apparecchi, prima dell'inizio della produzione degli stessi.

Durante le varie fasi di lavorazione, il PAQ sarà completato di tutta la documentazione relativa alle prove ed ai controlli di produzione.

26.8 Penali

Sono previste penalità per il non raggiungimento delle prestazioni degli apparecchi previste in Progetto.

Qualora dalle prove eseguite, secondo le presenti Norme, risultassero valori inferiori di non più del 10% rispetto a quelli richiesti, il progettista eseguirà ulteriori verifiche di sicurezza.

Se tali verifiche dessero esito positivo, l'apparecchio sarà accettato ma il suo prezzo sarà decurtato del 20%; qualora i valori risultassero superiori a tale 10% o le precedenti verifiche avessero dato esito negativo, l'Appaltatore sarà tenuto, a suo totale onere, alla sostituzione della fornitura in oggetto con una nuova fornitura di caratteristiche adeguate alle prescrizioni richieste.

26.9 Sollevamento impalcati per sostituzione appoggi

Devono essere previste disposizioni per consentire una facile sostituzione degli apparecchi o di parti di questi mediante sollevamento dell'impalcato, per il quale si prevede generalmente un innalzamento massimo di 40 mm.

In relazione alle previsioni di Progetto od alle prescrizioni della Direzione Lavori, si procederà al sollevamento dell'impalcato in

corrispondenza dell'asse appoggi, mediante idonea apparecchiatura idraulica posta sotto le travi e/o i traversi.

L'apparecchiatura idraulica dovrà essere comandata da una centrale operante a pressioni differenziate e rapporto volumetrico costante per assicurare un sollevamento rigido di ogni testata, senza indurre nella struttura sollecitazioni torsionali; il controllo delle operazioni dovrà essere effettuato a distanza mediante idonea strumentazione.

Dopo che ogni testata sarà stata sollevata e prima di intervenire sugli apparecchi, l'Appaltatore dovrà bloccare la struttura nella posizione raggiunta mediante appoggi provvisori o attrezzature equivalenti, che siano in grado di assicurare la stabilità dell'insieme e garantire la massima sicurezza agli operatori.

Di norma non si dovrà sollevare più di una campata per volta; eventuali deroghe dovranno essere concordate con la Direzione Lavori; in questi casi dovranno essere rinforzate le strutture provvisorie di blocco e si dovranno adottare adeguati sistemi di controventatura per contrastare possibili sollecitazioni longitudinali e trasversali.

A tale riguardo dovranno essere adottate adeguate cautele nei casi in cui la pendenza longitudinale dell'opera possa fare prevedere fenomeni di scorrimento.

Successivamente l'Appaltatore procederà alla rimozione, alla raccolta e al trasporto alla destinazione richiesta degli apparecchi esistenti.

Prima della posa in opera degli apparecchi si provvederà alla ravvivatura e rettifica dei baggioli e dell'intradosso delle travi in corrispondenza degli appoggi. La rettifica sarà effettuata mediante malta di resina epossidica per il conguaglio delle superfici di appoggio, nelle quantità necessarie per ottenere il parallelismo fra i piani di appoggio dei baggioli e l'intradosso delle travi (o di opportune piastre sotto-trave). Ad avvenuto completamento degli interventi sotto l'impalcato, si dovrà procedere al suo abbassamento adottando le stesse cautele della fase precedente.

A garanzia di possibili incidenti che potrebbero danneggiare le strutture, l'Appaltatore dovrà provvedere alla copertura assicurativa dell'opera per tutta la durata dei lavori, per un importo corrispondente al valore di ricostruzione.

Art. 27 Giunti di dilatazione su opere d'arte (omissis)

Art. 28 Rinforzo strutturale con materiali compositi fibrosi (omissis)

Art. 29 Misto granulare non legato per fondazione (omissis)

Art. 30 Fondazioni a legante idraulico (omissis)

Art. 31 Pavimentazioni in conglomerato bituminoso

31.1 Leganti bituminosi di base e modificati

31.1.1 Leganti bituminosi semisolidi - caratteristiche e penali

I leganti bituminosi semisolidi di base per usi diretti o per modifiche successive con polimeri o altri trattamenti, sono quei leganti per uso stradale costituiti da bitumi prodotti in raffineria mediante: distillazione primaria (topping e vacuum); conversione (cracking termico, visbreaking);

I leganti bituminosi usati senza alcun trattamento sono di normale produzione da raffineria vengono definiti di tipo A e vengono impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi tradizionali di cui all'art. 31.2.

I bitumi da modificare con additivi sono denominati di "base modifica" e chiamati "BM",

La tabella sinottica I° che segue indica i diversi tipi di leganti utilizzabili; quella successiva, denominata tabella sinottica II° i conglomerati in cui vengono impiegati e la terza, tabella sinottica III°, gli additivi utilizzati nelle modifiche.

TAVOLA SINOTTICA I° LEGANTI BITUMINOSI NORMALI E MODIFICATI

Categoria Leganti	Tab.	Sigla Bitume	Campi di applicazione (per le sigle vedi tab sinottica II)
Bitume tal quale per usi diretti	3.2.	A, A1	CB, CBS
Bitume di base per modifiche	3.2.1.	BM	CBM, CBH, CBD, MT, MTF, TSC, CBV, S, GT, MAD, MAMT, MAV,

			MAPCP
Bitume Medium(°)	3.3.3.	B	CBM
Bitume Hard	3.3.4.	C	CBH(°°), CBD, CBMD, CBV, CBMU, CBDC, TSC, MT, MAD, MAMT, MAV, MAPCP, ECD
Bitume Hard per: Microtappeti a freddo, Riciclaggio in sito a freddo	3.3.5.	D	MTF, CBRF
Bitume Hard per: Sigillature, Giunti tamponi	3.3.6.	E	S, GT
Emulsioni bituminose cationiche	3.3.7.	F1, F2	MAF
Altri materiali coadiuvanti l'azione legante	Tab.	Sigla Bitume	Campi di applicazione (per le sigle vedi tab sinottica II)
Attivanti chimici funzionali	3.3.8.	A.C.F.	CBR(°°°), CBRF, CBS
Dopes di adesione		DOP	Dove previsto dall'art. 3.3.6
Fibre di natura minerale (vetro) o miste	3.4.1.	MST	CBD, TSC, MT, CBMD, CBMU, ECD
Fibre di natura minerale (vetro) a filo continuo	3.4.2.	MST	MTF
Leganti sintetici	3.5.	LS	TSS

(°) Usato nei CB quando il bitume di base non raggiunge i minimi richiesti (Tab. 31.1.1.1)

(°°) Per aumentare la durata a fatica dei CB

(°°°) Vengono usati per riattivare le caratteristiche reologiche dei bitumi nei CBR (strati di base, collegamento, usura) vedi art.31.2

TAVOLA SINOTTICA II° CONGLOMERATI BITUMINOSI

Sigla	Campi di applicazione
CB	Conglomerati bituminosi con bitume tal quale
CBM	Conglomerati bituminosi speciali per strati di base, collegamento ed usura, con bitume a modifica "Medium"
CBH	Conglomerati bituminosi ad alta resistenza a fatica per strati di base, collegamento ed usura, con bitume a modifica "Hard"
CBD	Conglomerato bituminoso drenante fono-assorbente monostrato
CBMD	Conglomerato bituminoso micro-drenante per usura
CBDC	Conglomerato bituminoso drenante calcareo
CBR	Conglomerato bituminoso riciclato
CBMU	Conglomerato bituminoso micro-usura
MT	Microtappeti ad elevata rugosità (parzialmente drenanti)
ECD	Conglomerato bituminoso ecodrenante
CBS	Conglomerato bituminoso schiumato
CBRF	Conglomerato bituminoso riciclati a freddo con emulsione
TSC	Trattamenti superficiali a caldo
MTF	Microtappeti a freddo
CBV	Conglomerato bituminoso per viadotti
S	Sigillature
GT	Giunti a tampone
MAD	Mano di attacco per CBD, CBDC
MAMT	Mano di attacco per MT, CBMU
MAV	Mano di attacco per CBV (tra membrana e CBV)
MAPCP	Mano di attacco per PCP (lastra in cls ad armatura continua)

MAF	Mano di attacco a freddo per conglomerati bituminosi tradizionali
-----	---

TAVOLA SINOTTICA III° ADDITIVI

Sigla	Polimeri e Additivi
SBSr	Stirene-Butadiene-Stirene a struttura radiale
SBSl	Stirene-Butadiene-Stirene a struttura lineare
SIS	Stirene-Isoprene-Stirene
EVA	Etilene-Vinil-Acetato
LDPE	Polietilene a bassa densità
A.C.F.	Attivanti Chimici Funzionali
FM	Fibre Minerali (vetro) o Miste
FV	Fibre Vegetali
LS	Leganti Sintetici

31.1.1.1 Bitumi di base

I leganti bituminosi semisolidi impiegati senza alcun trattamento sono quei bitumi per uso stradale di normale produzione di raffineria (definiti tipo A) con le caratteristiche indicate in Tab.31.1.1.1 impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi tradizionali a caldo di cui all'art. 31.2 Nella Tab. 31.1.1.1 sono riportate le caratteristiche riferite al prodotto di base "A" così come viene prelevato nelle cisterne e/o nei serbatoi di stoccaggio. I prelievi devono essere fatti secondo quanto prescritto dalle normative: UNI EN 58/2005.

TABELLA 31.1.1.1 Bitume "A" (50/70)

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Penetrazione a 25°C	0,1 mm	UNI EN 1426	50-70
Punto di rammollimento	°C	UNI EN 1427	46-56
Punto di rottura (Fraass)	°C	UNI EN12593	≤ □ -6
Solubilità in Tricloroetilene, min.	%	UNI EN12592	≥ 99
Viscosità dinamica a160°C gradiente di velocità $dy/dt = 10 s^{(-1)}$	Pa*s	UNI EN13702-2	≥ 0.05 - ≤ □0,2
Valori dopo RTFOT (*)			
Perdita per riscaldamento (volatilità) a163°C	%	UNI EN 12607-1	≤ □0,5
Penetrazione residua a 25°C	%	UNI EN1426	≥ 50
Incremento del Punto di rammollimento	°C	UNI EN1427	≤ 9

(*) Rolling Thin Film Oven Test

31.1.1.2 Caratteristiche del bitumen di base "BM" per la modifica con polimeri

Per i leganti bituminosi semisolidi di base BM indichiamo 8 caratteristiche più i frazionamenti chimici riferiti agli asfalteni, polari (resine), aromatici, saturi determinati mediante analisi TLC/FID Iatroscan. Per questi ultimi, i valori dei rapporti asfalteni/resine e saturi/aromatici dovranno essere tali da rientrare nel quadrante di compatibilità riportato nel diagramma 31.1.1.2. seguente, inoltre si dovrà rientrare nei limiti almeno per 4 caratteristiche su 8, obbligatoria la rispondenza nelle grandezze riferite alla viscosità dinamica a $T=160^{\circ}\text{C}$, perdita per riscaldamento (volatilità) a $T=163^{\circ}\text{C}$, penetrazione e punto di rammollimento, obbligatoria sempre la rispondenza nelle grandezze riferite ai rapporti dei frazionamenti chimici del diagramma 31.1.1.2.

Nella tabella 31.1.1.2 e nel diagramma 31.1.1.2 sono riportate le caratteristiche che deve avere il prodotto di base modifica "BM" quando viene prelevato nelle cisterne e/o nei serbatoi di stoccaggio.

I prelievi devono essere fatti secondo quanto prescritto dalla normativa UNI EN 58/2005.

La non rispondenza del legante alle caratteristiche richieste nella tabella 31.1.1.2 comporta l'applicazione delle penalità di cui all'art. 31.1.1.3.

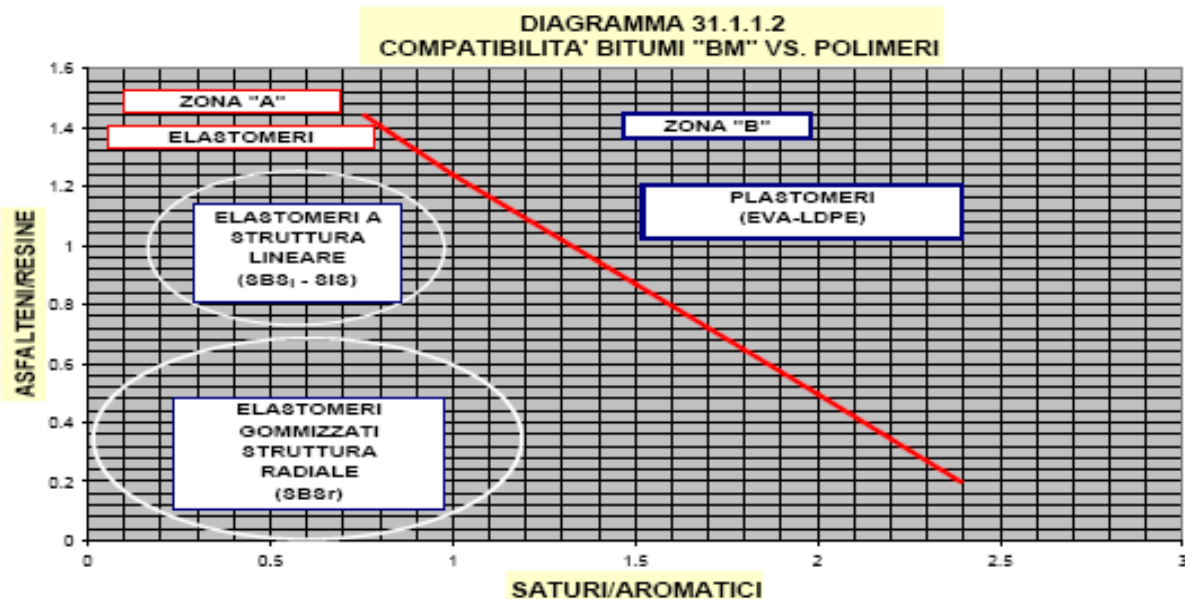


TABELLA 31.1.1.2 Bitume BM

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Penetrazione a 25°C	0,1 mm	UNI EN1426	80-100
Punto di rammollimento	°C	UNI EN1427	40-44
Punto di rottura (Fraass)	°C	UNI EN12593	≤ □ -8
Solubilità in Tricloroetilene, min.	%	UNI EN12592	≥ 99
Viscosità dinamica a160°C gradiente di velocità dy/dt = 10 s ⁽⁻¹⁾	Pa*s	UNI EN13702-2	> 0.1
Valori dopo RTFOT			
Perdita per riscaldamento (volatilità) a163°C	%	UNI EN 12607-1	≤ □ 0,5
Penetrazione residua a 25°C	%	UNI EN1426	≥ 50
Incremento del Punto di rammollimento	°C	UNI EN1427	≤ 9

31.1.1.3 Leganti bituminosi modificati

I leganti bituminosi modificati sono quei leganti per uso stradale costituiti da bitumi di base ed appositi polimeri ed additivi (vedi tavola sinottica III°).

Possono anche essere modificati con azione termo-meccanica come avviene per i bitumi schiumati.

Nel seguito indichiamo le 9 caratteristiche dei bitumi modificati "Medium" siglati: "B" e "D", e le 10 caratteristiche per quelli a modifica "Hard" siglati "C".

Si deve rientrare nei limiti per almeno 5 caratteristiche su 9 e 5 caratteristiche su 10 per i bitumi modificati siglati: B, D, C; è sempre obbligatoria la rispondenza nelle grandezze riferite alla: viscosità dinamica a $T=160^{\circ}\text{C}$, penetrazione, punto di rammollimento, ritorno elastico a $T=25^{\circ}\text{C}$ e stabilità allo stoccaggio.

Qualora i bitumi modificati non risultino come da richieste testé definite, o per carenza definita nell'art. 31.1.1.1 o per carenza della modifica, verranno penalizzati del 10% i prezzi di tutti i conglomerati per strati di base, collegamento ed usura o per altri impieghi, confezionati con la partita di bitume a cui si riferiscono le prove.

L'applicazione di queste penali non esclude quelle previste in altri articoli delle presenti norme, riferite a caratteristiche prestazionali del prodotto finito quali: moduli, durate, resistenze, regolarità, ecc.

Nella tavola sinottica II° sono riportate le categorie dei leganti per tipo di modifica e campi di applicazione.

31.1.1.4 Certificazione di qualità

I bitumi modificati da impiegare nelle lavorazioni, devono essere forniti da Produttori Certificati in Qualità che dimostrino la disponibilità di un efficiente sistema per il controllo qualitativo della produzione. Le verifiche di rispondenza, in conformità a quanto previsto dalle Norme UNI EN ISO 9002/94, devono essere certificate da Enti riconosciuti, in conformità alla Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n° 2357 del 16.05.1996 (Gazzetta Ufficiale n° 125 del 30.05.1996). La Direzione Lavori e la Committente potranno effettuare in contraddittorio, in ogni momento e a loro insindacabile giudizio, in cantiere, alla stesa ed in impianto, prelievi e controlli sul prodotto finito. La non rispondenza dei requisiti comporta, dopo eventuale ulteriore verifica, la sospensione dei lavori sino alla risoluzione delle anomalie rilevate e/o l'applicazione delle penali previste.

31.1.2 Bitumi modificati con additivi

I bitumi modificati rappresentano quei leganti per uso stradale di nuova generazione, che garantiscono una maggiore durata a fatica delle miscele bituminose rispetto a quelle impieganti bitumi di base o che riducano l'attitudine alla deformazione permanente dei conglomerati o permettano altri risultati altrimenti impossibili con i conglomerati normali.

La loro produzione avviene in impianti industriali dove vengono intimamente miscelati i bitumi base modifica "BM" (vedi tab.31.1.1.2) con polimeri di natura elastomerica e/o plastomerica e/o altre tipologie di modifica. I bitumi modificati, in funzione del tipo di modifica, vengono così definiti:

Bitume con modifica "MEDIUM" (caratteristiche sono riportate nella tabella 31.1.3.)

Bitumi con modifica "HARD" (caratteristiche riportate nelle tabelle 31.1.4. ,31.1.5., 31.1.6.)

I bitumi con modifica " MEDIUM " possono essere impiegati nelle miscele di base, collegamento e usura, mentre i bitumi a modifica "HARD", utilizzabili in tutte le miscele, devono essere tassativamente impiegati nelle miscele particolari indicate nella Tavola sinottica I° art. 31.1.1 salvo diversa indicazione della Committente.

I bitumi modificati, sia " MEDIUM " che "HARD", preparati da "MASTER" (bitume madre modificato con percentuali elevate di polimero) devono essere successivamente tagliati per aggiunta e miscelazione di bitume di base in percentuali tali da raggiungere le caratteristiche richieste nelle tabelle 31.1.3., 31.1.4., 31.1.5., 31.1.6.

Per i bitumi modificati, sia " MEDIUM " che "HARD", il produttore deve certificare le seguenti caratteristiche: penetrazione a 25°C, punto di rammollimento, recupero elastico a 25°C e la stabilità allo stoccaggio. La certificazione deve accompagnare tassativamente il quantitativo trasportato.

Inoltre il produttore deve indicare, nella stessa modulistica di certificazione del prodotto trasportato, le condizioni di temperatura da attuare per le operazioni di: pompaggio, stoccaggio e di lavorazione (miscelazione). La produzione di bitumi modificati può avvenire anche agli impianti di fabbricazione dei conglomerati bituminosi, Certificati in Qualità, purché i bitumi prodotti abbiano le caratteristiche richieste nelle tabelle: 31.1.3., 31.1.4., 31.1.5., 31.1.6.

In questo caso i carichi di bitume base modifica devono essere testati almeno sui valori del punto di rammollimento e della penetrazione (vedi tab.31.1.1.2).

31.1.3 Bitumi con modifica "MEDIUM"

Tali bitumi vanno usati quando i bitumi tal quali non rientrano nelle caratteristiche richieste o non permettono le volute prestazioni dei conglomerati bituminosi per strati di base, collegamento ed usura. La modifica deve conseguire sul legante i seguenti risultati :

TABELLA 31.1.3. - BITUME "MEDIUM"- LEGANTE "B"

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Penetrazione a 25°C	0,1 mm	UNI EN1426	50-70
Punto di rammollimento	°C	UNI EN1427	≥ 60
Punto di rottura (Fraass)	°C	UNI EN12593	≤ □ -10
Viscosità dinamica a160°C gradiente di velocità $dy/dt = 10 s^{(-1)}$	Pa*s	UNI EN13702-2	≥ 0.10 - ≤ 0,3
Ritorno elastico a 25°C, 50mm/min	%	UNI EN13398	≥ 65
Stabilità allo stoccaggio, a 3 gg, a 180°C Δ Punto di rammollimento	°C	UNI EN13399	≤ 3
Valori dopo RTFOT (*)			
Perdita per riscaldamento (volatilità) a163°C	%	UNI 12067-1	≤ □0,8
Penetrazione residua a 25°C	%	UNI EN1426	≥ 40
Incremento del Punto di rammollimento	°C	UNI EN1427	≤ 8

31.1.4 Bitumi con modifica "HARD"

Le caratteristiche dei leganti con modifica "Hard" da impiegare per la realizzazione di conglomerati bituminosi "Hard" - CBH (Vedi tavola sinottica I°), conglomerati bituminosi drenanti (CBD), microtappeti ad elevata rugosità (MT), microtappeti superficiali a freddo tipo "Macro Seal" (MTF), mano di attacco per usure drenanti (MAD), mano di attacco per microtappeti (MAMT), mano di attacco per micro-usure (CBMU), mano di attacco tra membrane continue di impermeabilizzazione e pavimentazioni sulle opere d'arte (MAV), mano di attacco per PCP (lastra in cls ad armatura continua) (MAPCP), sigillature (S), giunti a tampone (GT), pavimentazioni di viadotti (CBV), sono riportate nelle tabelle che seguono. Tipologie di modifica diverse saranno valutate prima dell'uso, di volta in volta dalla Direzione Lavori.

TABELLA 31.1.4. - BITUME HARD - LEGANTE "C"

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Penetrazione a 25°C	0,1 mm	UNI EN1426	50-70
Punto di rammollimento	°C	UNI EN1427	≥ 70
Punto di rottura (Fraass)	°C	UNI EN12693	≤ □ -12
Viscosità dinamica a160°C gradiente di velocità $dy/dt = 10 s^{(-1)}$	Pa*s	UNI EN13702-2	≥ 0.15 - ≤ 0,40
Ritorno elastico a 25°C, 50mm/min	%	UNI EN13398	≥ 80
Stabilità allo stoccaggio, a 3 gg, a 180°C Δ Punto di rammollimento	°C	UNI EN13399	≤ 3
Resistenza a fatica, $G*\sin\delta$, 1.0kPa (0.145 psi), a 10 rad/s, 50°C	Kpa	SHRP B-003	≥ 9
Valori dopo RTFOT (*)			
Perdita per riscaldamento (volatilità) a163°C	%	UNI EN 12607-1	≤ □0,8
Penetrazione residua a 25°C	%	UNI EN1426	≥ 40
Incremento del Punto di rammollimento	°C	UNI EN1427	≤ 5

TABELLA 31.1.5. - BITUME HARD - LEGANTE "D" (**)

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Penetrazione a 25°C	0,1 mm	UNI EN1426	50-70
Punto di rammollimento	°C	UNI EN1427	≥ 60
Punto di rottura (Fraass)	°C	UNI EN12593	≤ □ -10
Viscosità dinamica a160°C gradiente di velocità $dy/dt = 10 s^{(-1)}$	Pa*s	UNI EN13702-2	≥ 0.05 - ≤ 0,20
Ritorno elastico a25°C, 50mm/min	%	UNI EN13398	≥ 60
Stabilità allo stoccaggio, a 3 gg, a 180 °C Δ Punto di rammollimento	°C	UNI EN13399	≤ 3
Valori dopo RTFOT (*)			
Perdita per riscaldamento (volatilità) a 163°C	%	UNI 12607-1	≤ □0,8
Penetrazione residua a 25°C	%	UNI EN1426	≥ 40
Incremento del Punto di rammollimento	°C	UNI EN1427	≤ 10

(**) Da usare in emulsione con acqua, agenti emulsionanti e flussanti

(****) Valori determinati sul residuo secco ricavato per distillazione del prodotto emulsionato (CNR100/84)

(*****) Rolling Thin Film Oven Test

TABELLA 31.1.6. - BITUME HARD - LEGANTE "E"

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Penetrazione a 25°C	0,1 mm	UNI EN1426	20-40
Punto di rammollimento	°C	UNI EN1427	≥ 60
Punto di rottura (Fraass)	°C	UNI EN12593	≤ □ -10
Viscosità dinamica a160°C gradiente di velocità $dy/dt = 10 \text{ s}^{-1}$	Pa*s	UNI EN13702-2	≥ 0.70 - ≤ 2,00
Ritorno elastico a25°C, 50 mm/min	%	UNI EN13398	≥ 80
Stabilità allo stoccaggio, a 3 gg, a 180°C Δ Punto di rammollimento	°C	UNI EN13399	≤ 4
Valori dopo RTFOT (*)			
Perdita per riscaldamento (volatilità) a 163°C	%	UNI 12607-1	≤ □0,8
Penetrazione residua a 25°C	%	UNI EN1426	≥ 15
Incremento del Punto di rammollimento	°C	UNI EN1427	≤ 10

I bitumi hard (art.31.1.4 tab 31.1.4) potranno inoltre essere sottoposti a prova ReoDin (Metodologia Prova Interna CS-05) mediante reometro dinamico rotazionale (Dynamic Shear Rheometer). La metodologia è con sistema piatto-piatto (25mm di diametro e 1 mm di apertura) con controllo di taglio ($\tau = 200\text{Pa}$ con frequenza di oscillazione di 1,59 Hz), in controllo di temperatura (da 6°C a 86°C) e step di 0,017 °C/sec.

I valori di G^* (modulo complesso) e δ (angolo di fase) devono essere contenuti nei fusi qui riportati

Temperatura (°C)	Fuso G^* (Pa)		Fuso δ (°)	
5	3000000	7000000	2	10
10	2500000	6000000	6	16
15	1800000	4500000	11	30
20	900000	2800000	19	48
25	330000	1500000	28	61

30	120000	700000	37	66
35	50000	320000	42	68
40	24000	150000	45	69
45	11000	80000	46	70
50	5400	42000	46	70
55	3000	23000	47	71
60	1600	13000	48	72
65	900	8000	50	74
70	500	5000	52	78
75	300	3000	54	83
80	160	1800	58	87
85	100	1200	62	90

31.1.5 Emulsioni bituminose cationiche

Le emulsioni bituminose cationiche, definite leganti "F1" e "F2" nella tavola sinottica I° andranno usate di massima per le mani di attacco tradizionali per conglomerati bituminosi normali.

TABELLA 30.1.5.1 - EMULSIONI BITUMINOSE CATIONICHE - LEGANTE "F1" e "F2"

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	" F1 " a rapida rottura (RR55)	" F2 " a media rottura (RM55)
Contenuto di acqua	% in peso	CNR n°100 a	≤ 45	≤ 40
Contenuto di legante (bitume + flussante)	% in peso	CNR n°100 b	≥ 55	≥ 60
Contenuto di flussante	% in peso	CNR n°100 c	≤ 2	≤ 6
Contenuto di bitume (residuo di distillazione), min	% in peso	ASTM D244-72	≥ 55	≥ 54
Viscosità Engler a 20°C	°E	IP 212/66	3 / 10	5 / 12
Carica delle particelle		ASTM D244-72	Positiva	Positiva
Penetrazione a 25°C, max	1/10 mm	CNR BU 24	≤ 220	≤ 220
Punto di rammollimento, min	°C	CNR BU 35	≥ 35	≥ 35

31.1.6 Attivanti chimici funzionali (A.C.F.)

Detti composti chimici sono da utilizzare come additivi per i conglomerati bituminosi a caldo (CB "Normali", CBM "Medium" e CBH "Hard" per strati di Base - in zone ad alto traffico su indicazione della Direzione Lavori), per i Conglomerati Bituminosi riciclati a freddo (CBS e CBRF - in zone ad alto traffico su indicazione della Direzione Lavori) e per i Conglomerati Drenanti Riciclati (CBDR - impiego indispensabile in ogni caso).

Gli A.C.F. rigenerano le caratteristiche del bitume invecchiato proveniente dalla fresatura di pavimentazioni bituminose (CBR) e rappresentano quei formulati studiati appositamente per migliorare la tecnologia del riciclaggio e/o l'impiego di riciclati in miscele tradizionali.

In particolare gli A.C.F. devono svolgere le seguenti funzioni:

- una energica azione quale attivante di adesione;
- peptizzante e diluente nei confronti del bitume invecchiato ancora legato alle superfici degli elementi lapidei costituenti il conglomerato fresato;
- plastificante ad integrazione delle frazioni malteniche perse dal bitume durante la sua vita ;
- disperdente al fine di ottimizzare l'omogeneizzazione del legante nel conglomerato finale;
- antiossidante in contrapposizione agli effetti ossidativi dovuti ai raggi ultravioletti ed alle condizioni termiche della pavimentazione.

Gli A.C.F. devono avere le seguenti caratteristiche chimico-fisiche:

TABELLA 31.1.6.1

Caratteristiche	Valore
Densità a 25/25°C. (ASTM D - 1298)	0,900 - 0,950
Punto di infiammabilità v.a. (ASTM D - 92)	200 °C
Viscosità dinamica a60°C, $\dot{\gamma} = 100 \text{ s}^{-1}$ (SNV 671908/74)	0,03 - 0,05 Pa*s
Solubilità in tricloroetilene (ASTM D - 2042)	99,5% in peso
Numero di neutralizzazione (IP 213)	1,5-2,5 mg/KOH/g
Contenuto di acqua (ASTM D - 95)	1% in volume
Contenuto di azoto (ASTM D - 3228)	0,8 - 1,0% in peso

L'accettazione degli A.C.F. è subordinata alle prove condotte da un Laboratorio autorizzato.

La loro presenza è verificata, sul bitume estratto dalle miscele, con il metodo di prova per la ricerca degli attivanti di adesione nei conglomerati bituminosi mediante analisi colorimetrica. Metodo che segue le designazioni fissate dalla normativa ASTM D 2327-68 (Riapprovata nel 74).

31.1.7 Dopes di adesione

Nella confezione dei conglomerati bituminosi in caso di impiego di inerti di natura acida, di bitumi di base e alcune modifiche soft (in base ai risultati di laboratorio), saranno impiegate speciali sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume-aggregato (agenti tensioattivi di adesività).

Si avrà cura di scegliere tra i prodotti in commercio quello che sulla base di prove comparative, effettuate presso un Laboratorio autorizzato, avrà dato i migliori risultati e che conservi le proprie caratteristiche chimiche anche se sottoposto a temperature elevate e prolungate. La presenza degli agenti tensioattivi nel legante bituminoso verrà accertata mediante prova Colorimetrica (Metodo che segue le designazioni fissate dalla normativa ASTM D 2327-68-Riapprovata nel 74).

Il dosaggio potrà variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto, tra il 0,2% ed il 0,4% in peso riferito al peso del bitume.

I tipi, i dosaggi e le tecniche di impiego devono ottenere il preventivo benessere della Direzione Lavori. L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con idonee attrezzature tali da garantire la loro perfetta dispersione e l'esatto dosaggio nel legante bituminoso.

31.1.8 Modificanti strutturali (MST)

Sono quelle sostanze che si aggiungono al legante con funzioni modificanti connesse alle azioni di tipo meccanico, alla solidità e durabilità delle azioni leganti nel tempo, specialmente per i film leganti più impegnativi.

31.1.8.1 Fibre di natura minerale (vetro) e mista (vetro + agglomerante)

Per conglomerati bituminosi ad elevata % di vuoti (CBD, CBMD, MT, ECD, vedi art. 31.5), l'aggiunta della fibra è obbligatoria. La composizione chimico-fisica delle fibre di vetro è riportata in tabella 31.1.8.1.

A tale proposito si precisa che è preferibile l'impiego di fibre di tipo MISTO in cui la fibra di vetro si presenta pressata ed agglomerata mediante l'impiego di un prodotto addensante (cellulosa o altro); tale

trattamento ha lo scopo di evitare la dispersione in aria della fibra di vetro, consentire una dosatura più accurata nell'impasto bituminoso e di aumentare lo spessore delle pellicola di bitume che riveste l'inerte.

L'impiego di fibre di tipo MISTO o solo MINERALE richiede sempre, per il confezionamento in impianto delle miscele, opportuni macchinari in grado di dosare, disgregare e disperdere finemente le fibre nel conglomerato.

Ciascuna tipologia di fibra dovrà essere sottoposta alla preventiva approvazione del Laboratorio Centrale per la verifica di idoneità, che sarà volta a verificare l'effettivo miglioramento delle caratteristiche meccaniche delle miscele in cui vanno impiegate.

Nel caso di fibre di tipo MISTO la percentuale minima di fibra di vetro deve essere superiore al 70%.

TABELLA 31.1.8.1.
 Composizione Chimica
 Vetro "E" (Filato di vetro)

	%	tolleranze
SiO ₂	54	± 0,5
Al ₂ O ₃	14,4	± 0,5
Fe ₂ O ₃	0,25	± 0,15
TiO ₂	0,25	± 0,15
CaO	22,1	± 0,4
MgO	0,6	± 0,1
SrO	0,15	± 0,1
Na ₂ O	0,51	± 0,15
K ₂ O	0,38	± 0,15
B ₂ O ₃	6,8	± 0,4
SO ₃	0,035	± 0,005

Caratteristiche geometrico-meccaniche	Unità	Valore
Lunghezza media bavella	micron	200/300
Diametro medio fibra	micron	7/15
Superficie specifica fibra	cm ² /g	2700
Resistenza alla trazione	GPa	1,5 a 2,5
Allungamento massimo	%	1,5 a 2,5
Resistenza alla temperatura	°C	> □550

31.2 Conglomerati bituminosi a caldo

Nella tavola sinottica di sintesi sono riportate le composizioni indicative dei formulati riferiti alle miscele di tipo normale e di tipo speciale di conglomerati bituminosi confezionati a caldo in impianto. I conglomerati bituminosi normali sono quelli confezionati con bitume di base; per quelli speciali sono previsti due tipi di legante, uno a modifica "Medium" l'altro a modifica "Hard". Esistono anche altri tipi di conglomerato non riportati nella tavola che segue per impieghi particolari e/o di tipo sperimentale; tutti sono descritti in appositi articoli e dovranno formare le prestazioni richieste.

TAVOLA SINOTTICA

COMPOSIZIONE				
Tipi di Conglomerato	Strati di impiego	Materiali freschi (% di impiego nella miscela)	Materiali fresati (% di impiego nella miscela)	Attivanti Chimici Funzionali [A.C.F.] (% in peso riferita al bitume totale)
CB "Normali"	Base	> 75	< 25	3 - 5 (*)
	Collegamento	> 85	< 15	-----
	Usura	> 90	< 10	-----
CBM "Medium"	Base	> 70	< 30	3 - 5 (*)
	Collegamento	> 75	< 25	-----
	Usura	> 80	< 20	-----
CBH "Hard"	Base	> 70	< 30	3 - 5 (*)
	Collegamento	> 75	< 25	-----
	Usura	> 80	< 20	-----

(*) in zone ad alto traffico e su indicazione del centro rilevamento dati della Società di Fiano Romano - vedi art. (31.1.6)

31.2.1 Prescrizioni generali

Per la verifica preliminare di idoneità degli studi di progetto che l'impresa intende adottare per ogni cantiere di produzione, almeno tre mesi prima l'inizio delle lavorazioni, l'impresa ha l'obbligo di fare eseguire a sue spese, presso laboratorio autorizzato, prove di

accettazione e di idoneità di tutti gli elementi che compongono le miscele di progetto (aggregati, bitume, additivi ecc.). Gli studi di progetto devono essere presentati in originale e firmati dal responsabile dell'impresa alla D.L. e devono essere corredati da una completa documentazione delle formulazioni effettuate.

Durante i lavori l'impresa esecutrice dovrà attenersi rigorosamente alla formulazione di progetto accettata e definita anche ai fini del pagamento, operando i controlli di produzione e di messa in opera secondo il Sistema di Qualità da essa adottato. Presso i Cantieri di produzione deve essere a disposizione della D.L. un registro in cui siano riportati tutti i controlli di qualità operati dall'impresa con i risultati ottenuti.

La D.L. potrà effettuare in contraddittorio, in ogni momento a suo insindacabile giudizio, in cantiere, alla stesa ed in impianto, prelievi, controlli, misure e verifiche sia sui singoli componenti della miscela che sul prodotto finito, sulle attrezzature di produzione, accessorie e di messa in opera.

Molte delle indicazioni che seguono in questo articolo sono di tipo comportamentale e non eliminano, anche se seguite alla lettera, le responsabilità dell'impresa sui risultati finali del prodotto in opera, che sono o espressamente richiamati nel testo o riportati nell'apposito articolo 31.6; comunque anche le richieste comportamentali, se disattese, possono generare azioni di correzione da parte della Direzione Lavori.

La non rispondenza dei requisiti meccanici Rt, CTI (art. 31.3.7.3.2) e di quelli Volumetrici (art. 31.3.7.3.1) (questi ultimi calcolati con la % di legante di estrazione o, in mancanza, con la % di legante della miscela di progetto, rimanendo però nei range stabiliti all'art. 31.3.7.1) comporta, dopo eventuale ulteriore verifica, la sospensione dei lavori sino alla risoluzione delle anomalie rilevate e/o l'applicazione delle penali previste all'art. 31.6

Variazioni percentuali nella composizione granulometrica, rispetto alla curva di progetto proposta, di $\pm 5\%$ per l'aggregato grosso e/o $\pm 3\%$ per il contenuto di sabbia CNR B.U. n° 95 del 31.01.1984 (per sabbia si intende il passante al setaccio UNI 2 mm, e/o di $\pm 1,5$ per il passante al setaccio UNI 0,075) e/o scostamenti percentuali del contenuto di bitume

progettuali superiori a $\pm 0,25$, e/o variazioni della miscela degli inerti, qualora determinano nella miscela finale sia scompensi volumetrici che prestazionali, comportano l'applicazione di penali come al successivo Art. 31.6.

Per quanto riguarda il contenuto del bitume, la tolleranza percentuale sopraindicata ($\pm 0,25$) che tiene normalmente conto della "incertezza di misura" collegata all'esecuzione della prova di estrazione, viene aumentata di un'ulteriore quantità (pari a 0,25) per tenere conto delle perdite di legante che si verificano nei passaggi intermedi prima dell'esecuzione della prova.

L'idoneità finale delle miscele superficiali sono condizionate dall'analisi eseguite mediante test accelerati di resistenza all'attrito radente di tipo "Abrasiometro Rotazionale" od altro sistema ad insindacabile scelta della D.L..

31.2.1.1 Materiali fresati

Per ogni lavorazione, le percentuali in peso di materiale fresato definito di "integrazione" riferite al totale della miscela degli inerti, devono essere comprese nei limiti riportati nella tavola sinottica dell'art. 31.2

Per conglomerato bituminoso preesistente fresato, denominato "materiale da integrazione" deve intendersi quello proveniente dalla frantumazione in frantoio di lastre o blocchi di conglomerati demoliti con sistemi tradizionali, oppure dalla fresatura in sito eseguita con idonee macchine (preferibilmente a freddo).

Il conglomerato di recupero deve essere preventivamente qualificato in conformità alla norma UNI EN13108-8.

Per l'ottimizzazione della curva granulometrica del fresato e del legante presente e per consentire lavorazioni uniformi, nel caso di utilizzo di materiali provenienti da fresature diverse sia per provenienza che per natura, potrebbe essere necessaria, prima del suo impiego, una ulteriore granulazione; occorre tener presente che tale operazione determina un ulteriore aumento delle parti fini nel materiale.

Il restante materiale deve essere costituito da inerti freschi con i requisiti di accettazione previsti per i conglomerati di cui art. 31.2.

Si deve usare materiale fresato di qualsiasi provenienza per impieghi negli strati di base e collegamento; materiali provenienti da strati superficiali (usura, microtappeto, drenante ecc) per lo strato di usura.

Il bitume finale deve essere costituito da quello fresco (MODIFICA "SOFT"; "MEDIUM" o "HARD") e da quello proveniente dal materiale fresato additivato con A.C.F. (art. 31.1.6., tab.31.1.6.1).

I requisiti richiesti dalle prescrizioni progettuali (art. 31.3.) valgono sia per miscele che prevedono l'impiego di materiale da integrazione che per miscele completamente vergini.

31.2.1.2 Penali

L'applicazione e l'entità delle penali è descritta nell'art. 31.6 delle presenti NTA e riguardano le caratteristiche del prodotto finito quali: durata a fatica, modulo di portanza, aderenza, regolarità, tessitura superficiale ecc.

31.3 Conglomerati bituminosi di base, collegamento, usura confezionati con bitume "Normale", "Medium" e "Hard"

31.3.1 Descrizione

I conglomerati sono costituiti da una miscela di inerti naturali freschi, riciclati, artificiali, sintetici (argilla espansa, scorie siderurgiche, loppe ecc.) ovvero dalla loro combinazione percentuale, impastati a caldo con bitume, in impianti automatizzati a volte dotati di sistemi di riscaldamento indiretto degli inerti provenienti da fresature di pavimentazioni ammalorate, di tipo continuo (Drum Mixer) o discontinuo (sistema a vagliatura), doppio tamburo ecc.

I cumuli delle diverse classi di inerti devono essere nettamente separati tra di loro, in zone prive di ristagni ed acqua e di sostanze argillose.

Il conglomerato per i vari strati (base, collegamento, usura) è posto in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con idonei rulli.

31.3.2 Bitume

Si richiamano espressamente le norme di cui all'art. 31.1.

31.3.3 Aggregati

Gli aggregati impiegati dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento UE n°305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

Gli aggregati devono essere costituiti da elementi interi, duri, di forma poliedrica, puliti esenti da polvere e da materiali estranei secondo le norme UNI EN 13043. Gli elementi litoidi non devono mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

La miscela di inerti è costituita dall'insieme degli aggregati grossi e degli aggregati fini ed eventuali additivi (filler) secondo la definizione delle norme UNI EN 13043, con la possibilità di impiegare inerti di diversa natura.

Nelle miscele potranno essere utilizzati, previa approvazione della D.L., inerti di I categoria.

Viene considerato inerte di I categoria un materiale omogeneo, la cui frazione grossa, ha un valore di levigabilità (norma UNI EN 1097-8) VL (denominato CLA dalla precedente norma CNR140/92) ≥ 45 , una resistenza alla frantumazione (norma UNI EN 1097-2) L.A. < 18 e coefficienti di forma (norma UNI EN 933-4) ed appiattimento (norma UNI EN 933-3) rispettivamente $SI < 10$ e $FI < 10$.

L'aggregato grosso e fine deve essere costituito da inerti che potranno essere di provenienza o natura petrografia diversa, purchè alle prove di seguito elencate eseguite sui campioni rispondenti alla miscela che si intende formare, dia i risultati richiesti.

I cumuli delle diverse classi di inerti devono essere nettamente separati tra di loro, in zone prive di ristagni ed acqua e di sostanze argillose.

Prima dell'inizio delle lavorazioni l'impresa deve avere stoccato una quantità di materiale necessaria ad assicurare almeno due settimane di lavorazione (considerando 80% della potenzialità produttiva dell'impianto).

31.3.4 Attivanti chimici di adesione

Vedi art. 31.1.7.

31.3.5 Posa in opera

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Le vibrofinitrici devono lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di due finitrici.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spalmato con emulsione bituminosa cationica al 55% in peso (art.31.1.5.) per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 10 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia di circa 1 metro di larghezza, normalmente interessate dalle ruote dei veicoli pesanti.

Per garantire la perfetta continuità tra gli strati sovrapposti della pavimentazione deve essere previsto l'impiego di una emulsione bituminosa cationica al 55% uniformemente distribuita, anche sui bordi verticali, in una quantità variabile tra 0,5 e 1,0 kg/m² in funzione dello stato superficiale della pavimentazione, salvo in quei casi in cui è prevista una diversa mano di attacco sempre dei tipi riportati all'art.31.1.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'impianto (in fase di confezionamento) deve essere indicativamente non superiore a 180° C in rapporto al tipo di bitume impiegato (è comunque raccomandabile operare alle condizioni indicate dal produttore del bitume); la temperatura del conglomerato all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento non inferiore a 140° C.

La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

La compattazione dei conglomerati deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento deve essere realizzato solo con rulli gommati di idoneo peso (almeno 30 kN gomma) e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili. La finitura del conglomerato dovrà essere realizzata con l'utilizzo di un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 140 kN, così come per le operazioni di finitura dei giunti e riprese.

Per lo strato di base a discrezione della D.L. potranno essere utilizzati rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati.

Gli strati eventualmente compromessi (che presentano ad esempio: anomalie di stesa o di compattazione, perdite di materiale, giunti longitudinali o giunti trasversali di ripresa mal eseguiti, aperti o sgranati) devono essere rimossi e ricostruiti a cura e spese dell'Impresa; il verificarsi di tali eventi comporterà comunque l'applicazione di penali come previsto al successivo Art. 31.6

Al termine della compattazione gli strati di base, collegamento e usura devono avere una percentuale assoluta dei vuoti non superiore all' 8%, valutata con i dati del giorno (densità massima della miscela - Gmm), o in mancanza dei dati di controllo di cantiere o nei casi controversi, con il valore di progetto. In caso di contestazione la percentuale dei vuoti verrà determinata secondo la UNI EN 12697-8.

I dati di densità in sito possono essere assunti come prestazionali in carenza di altre misure di portanza.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie degli strati deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; deve essere tollerato uno scostamento di 5 mm. Inoltre l'accettazione della regolarità e delle altre caratteristiche superficiali del piano finito avverrà secondo quanto prescritto nell'art. 31.6

Per lo strato di base la miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della fondazione dopo che sia stata accertata dalla D.L. la rispondenza di questa ultima ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza.

Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato o simili, per garantirne l'ancoraggio deve essere rimossa la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione acida al 55% stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso.

Procedendo la stesa in doppio strato i due strati devono essere sovrapposti nel più breve tempo possibile; tra di essi deve essere eventualmente interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa non inferiore a 0,5 Kg/m².

31.3.6 Prescrizioni progettuali

31.3.6.1 Percentuale di frantumato nella miscela inerti superiore a 2 mm.

Strato di base : minimo 85% di inerte frantumato (*)

Strato di collegamento : minimo 85% di inerte frantumato (*)

Strato di usura : 100% di inerte frantumato (**) escluso inerti non naturali.

(*) Per inerte frantumato si intende un inerte che non abbia nessuna faccia arrotondata.

(**) Considerata l'eterogeneità della natura mineralogica di provenienza (silicea, calcarea, ecc.) dei materiali alluvionali, la percentuale di impiego nelle miscele superficiali sarà definita di volta in volta nelle curve di progetto con la Direzione Lavori.

31.3.6.2 Percentuale di frantumato nella miscela inerti inferiore a 2 mm.

Strato di base : minimo 60%

Strato di collegamento : minimo 65%

Strato di usura : minimo 80%

Le sabbie di frantumazione devono provenire da sabbie naturali, artificiali o sintetiche.

31.3.6.3 Los Angeles

La perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature (UNI EN 1097-2) deve essere:

Strato di base : \leq 25% in peso.

Strato di collegamento : \leq 25% in peso.

Strato di usura : \leq 20% in peso.

31.3.6.4 Sensibilità al gelo

La sensibilità al gelo eseguita sulle singole pezzature (UNI EN 1367-1), in riferimento alla perdita di massa, deve essere :

Strati di base e di collegamento : \leq 2%.

Strato di usura : \leq 1%.

In riferimento alla perdita di resistenza all'abrasione, il valore deve essere:

Strati di base e di collegamento : \leq 30%.

Strato di usura : \leq 20%.

31.3.6.5 Strati di usura: Valore di levigabilità VL (norma UNI EN 1097-8) e VLmix.(denominati CLA e CLA mix nelle precedenti NTA)

Deve essere misurato il valore di VL per ogni pezzatura utilizzata, comprese le sabbie (roccia di provenienza) ed il fresato (materiale estratto); il valore di VL misurato sulle singole pezzature, escluse le sabbie, deve essere \geq 40.

La somma dei trattenuti in peso delle sabbie impiegate, superiore a 2 mm, non deve superare nella curva granulometrica finale il 10% in peso quando le stesse sabbie provengano da rocce aventi un valore di $VL \leq 40$

Il valore di VL_{mix} ricavato da tutte le pezzature uguali o superiori a 2 mm deve essere ≥ 45 .

Calcolo del VL_{mix} :

a) Si misurano le MVA (massa volumetrica apparente) di tutte le pezzature escludendo il passante al 2 mm.

b) La somma delle percentuali di impiego, per la costruzione della curva granulometrica di progetto, di ogni singola pezzatura viene riportata a 100%, in quanto mancanti del passante al 2 mm.

c) Le nuove percentuali di impiego vengono trasformate in percentuali volumetriche utilizzando le MVA (vedi punto a) e riportate anch'esse a 100%;

d) Il valore VL_{mix} viene calcolato dalla somma del prodotto diviso per 100 della percentuale volumetrica di ogni pezzatura (comprese la sabbia) utilizzata per il relativo valore di VL.

31.3.6.6 Coefficiente di imbibizione

Il Coefficiente di imbibizione (CNR fascicolo IV/1953) eseguito sulle singole pezzature:

Strato di base e di collegamento : ≤ 0.015 .

Strato di usura: da definire in fase di progetto in funzione della natura degli inerti utilizzati.

31.3.6.7 Coefficiente di forma

I coefficienti di forma "SI" (UNI EN 933-4) e di appiattimento "FI" (UNI EN 933-3) dovranno essere per tutti gli strati minori o uguale a 10.

31.3.6.8 Equivalente in sabbia

L'equivalente in sabbia determinato sulle singole pezzature fini, deve essere per tutti gli strati $\geq 70\%$ (UNI EN 933-8).

31.3.6.9 Spogliamento in acqua

Per lo strato di usura lo spogliamento in acqua a 40 °C (con dopes di adesione) deve essere 0% (CNR 138/92). In casi particolari, cioè in

presenza di inerti ad elevata acidità, la Committente si riserva sistemi di indagine più approfonditi.

31.3.6.10 Additivi

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti, rocce sintetiche o artificiali, devono soddisfare i seguenti requisiti:

- Il potere rigidificante con un rapporto filler/bitume pari a 1,5 il ΔPA deve essere $> 5^{\circ}C$ (UNI EN 13179-1).
- alla prova granulometrica i passanti in peso devono soddisfare i seguenti limiti minimi:
 - Setaccio UNI 0,40 - Passante in peso per via umida 100%
 - Setaccio UNI 0,18 - Passante in peso per via umida 90%
 - Setaccio UNI 0,075 - Passante in peso per via umida 80%.
 - Della quantità di additivo minerale passante per via umida al setaccio 0,075 mm più del 50% deve passare allo stesso setaccio anche a secco
- L'indice di plasticità deve risultare non plastico (NP) (norma UNI CEN ISO/TS 17982-12).

31.3.6.11 Argilla espansa – Resistenza allo schiacciamento

Argilla espansa di tipo resistente, pezzatura 3/11: $\geq 2,7$ MPa (UNI EN 13055-2).

31.3.7 Miscela

Le miscele dei conglomerati devono avere una composizione granulometrica compresa nei fusi di seguito elencati e una percentuale di bitume riferita al peso totale degli inerti, compresa tra i sotto indicati intervalli per i diversi tipi di conglomerato.

Composizioni granulometriche indicative (fusi da usare come limiti nelle curve di progetto).

Serie e setacci	Passante totale % in peso
-----------------	---------------------------

UNI EN 933-1	STRATO DI BASE	STRATO DI COLLEGAMENTO	STRATO DI USURA TIPO "A"	STRATO DI USURA TIPO "B"
31,5	100	100	100	100
20	73 - 94	85 - 98	100	100
14	51 - 76	70 - 87	94 - 100	100
10	40 - 64	58 - 78	77 - 94	81 - 94
6,3	31 - 55	46 - 66	57 - 76	57 - 76
2	19 - 38	25 - 38	25 - 38	25 - 38
0,5	8 - 21	11 - 21	12 - 22	12 - 22
0,25	5 - 16	7 - 17	9 - 17	9 - 17
0,063	4 - 8	4 - 8	6 - 10	6 - 10

Fuso A - usure da 4 - 6 cm

Fuso B - usure da 3 cm

31.3.7.1 Quantità di bitume

La percentuale di bitume in peso riferita al peso degli aggregati deve essere compresa nei seguenti intervalli, a seconda del tipo di legante usato:

Strato di Base normale : 4% - 5,5% del tipo descritto nell'art. 31.1.1., tab. 31.1.1.1

Strato di Base Medium : 4% - 5,5% del tipo descritto nell'art. 31.1.3., tab. 31.1.3.

Strato di Base Hard : 4% - 5,5% del tipo descritto nell'art. 31.1.4., tab. 31.1.4.

Strato di Collegamento normale : 4,5% - 6,0% del tipo descritto nell'art. 31.1.1., tab. 31.1.1.1

Strato di Collegamento Medium : 4,5% - 6,0% del tipo descritto nell'art. 31.1.3., tab. 31.1.3.

Strato di Collegamento Hard : 4,5% - 6,0% del tipo descritto nell'art. 31.1.4., tab. 31.1.4.

Strato di Usura normale : 5,0% - 6,5% del tipo descritto nell'art. 31.1.1., tab. 31.1.1.1

Strato di Usura Medium : 5,0% - 6,5% del tipo descritto nell'art. 31.1.3., tab. 31.1.3.

Strato di Usura Hard : 5,0% - 6,5% del tipo descritto nell'art. 31.1.4., tab. 31.1.4.

31.3.7.2 Prove volumetriche e meccaniche

I conglomerati bituminosi devono possedere elevata resistenza meccanica elastoviscoplastica, cioè capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli ed elevatissima resistenza a fatica, intesa come capacità di sopportare il numero più alto possibile di ripetizioni di carico senza fessurarsi o disgregarsi.

La miscela di Progetto deve essere analizzata mediante l'apparecchiatura "Pressa Giratoria" (UNI EN 12697-31/2004).

Gli impianti di confezionamento dovranno dotarsi della apparecchiatura suddetta a sostituzione di quella Marshall.

31.3.7.2.1 Pressa giratoria - Condizioni di prova

Angolo di rotazione : $1.25^{\circ} \pm 0.02^{\circ}$
Velocità di rotazione : 30 rotazioni al minuto
Pressione verticale ,KPa : 600
Dimensioni provino, mm : 150 per strato di base
Dimensioni provino, mm : 100 per strato di collegamento ed usura

31.3.7.3 Requisiti di idoneità

31.3.7.3.1 Pressa giratoria - Vuoti

BASE NORMALE	BASE MEDIUM	BASE HARD
a 10 rotazioni: %	a 10 rotazioni: %	a 10 rotazioni: %

vuoti 12÷15	vuoti 12÷15	vuoti 12÷15
a 100 rotazioni: % vuoti 3 ÷ 5(*)	a 110 rotazioni: % vuoti 3 ÷ 5(*)	a 120 rotazioni: % vuoti 3 ÷ 5(*)
a 180 rotazioni: % vuoti ≥ 2	a 180 rotazioni: % vuoti ≥ 2	a 200 rotazioni: % vuoti ≥ 2
COLLEGAMENTO NORMALE	COLLEGAMENTO MEDIUM	COLLEGAMENTO HARD
a 10 rotazioni: % vuoti 12÷15	a 10 rotazioni: % vuoti 12÷15	a 10 rotazioni: % vuoti 12÷15
a 100 rotazioni: % vuoti 3 ÷ 5 (*)	a 110 rotazioni: % vuoti 3 ÷ 5 (*)	a 120 rotazioni: % vuoti 3 ÷ 5 (*)
a 180 rotazioni: % vuoti ≥ 2	a 190 rotazioni: % vuoti ≥ 2	a 200 rotazioni: % vuoti ≥ 2
USURA NORMALE	USURA MEDIUM	USURA HARD
a 10 rotazioni: % vuoti 12÷15	a 10 rotazioni: % vuoti 12÷15	a 10 rotazioni: % vuoti 12÷15
a 130 rotazioni: % vuoti 3 ÷ 5 (*)	a 140 rotazioni: % vuoti 3 ÷ 5(*)	a 150 rotazioni: % vuoti 3 ÷ 5 (*)
a 220 rotazioni: % vuoti ≥ 2	a 230 rotazioni: % vuoti ≥ 2	a 240 rotazioni: % vuoti ≥ 2

(*) Dg= densità giratoria di progetto

31.3.7.3.2 Resistenza a trazione indiretta

I provini derivanti dalla miscela ottimale compattati mediante l'apparecchiatura "Pressa Giratoria" devono essere sottoposti a prova di rottura diametrale a 25°C (UNI EN 12697-23).

I requisiti di idoneità richiesti dalla prova devono essere i seguenti:

Inerti	BASE NORMALE		BASE MEDIUM/HARD	
	Rt N/mm ²	CTI N/mm ²	Rt N/mm ²	CTI N/mm ²
Vergini	0,50	≥ 40	0,90 -	≥ 80

	- 0,80		1,55	
Vergini+ fresato	0,75 - 1,35	≥ 70	0,95 - 1,55	≥ 80
	COLLEGAMENTO NORMALE		COLLEGAMENTO MEDIUM/HARD	
Vergini	0,50 - 0,80	≥ 40	0,90 - 1,55	≥ 80
Vergini+ fresato	0,75 - 1,35	≥ 70	0,95 - 1,55	≥ 80
	USURA NORMALE		USURA MEDIUM/HARD	
Vergini	0,60 - 0,90	≥ 45	0,90 - 1,55	≥ 80
Vergini+ fresato	0,75 - 1,35	≥ 70	0,95 - 1,55	≥ 80

31.3.7.3.3 Prova Marshall

I provini devono essere confezionati con materiale prelevato presso l'impianto di produzione e costipato, senza alcun ulteriore riscaldamento, alla temperatura prescritta dalla norma UNI EN 12697-34/2004.

Alla stesa deve essere rilevata la temperatura di compattazione della miscela e se questa dovesse risultare inferiore alla temperatura minima prevista dalle Norme Tecniche (in base alla tipologia di bitume/conglomerato utilizzato), sull'intera tratta interessata da tali errate condizioni di posa in opera dovranno essere eseguite prove atte al rilevamento del grado di addensamento raggiunto dalla pavimentazione.

Per l'applicazione delle penali si rimanda a quanto prescritto dall'art. 31.6.

I valori della stabilità Marshall (UNI EN 12697-34/2004), eseguita a 60 °C su provini costipati alla temperatura prescritta dalla Norma UNI EN 12697-34/2004 con 75 colpi di maglio per faccia, il Modulo di Rigidezza Marshall, e la percentuale dei Vuoti in volume (UNI EN 12697-8/2003) dovranno risultare:

	BASE NORMALE	BASE MEDIUM	BASE HARD
Stabilità Marshall (daN)	≥ 900	≥ 1100	≥ 1100
Modulo di Rigidezza (daN/mm)	≥ 250	300 - 500	300 - 500
Vuoti residui in volume (%)	3 - 5	3 - 5	3 - 5
	COLLEGAMENTO NORMALE	COLLEGAMENTO MEDIUM	COLLEGAMENTO HARD
Stabilità Marshall (daN)	≥ 1000	≥ 1100	≥ 1100
Modulo di Rigidezza (daN/mm)	≥ 250	300 - 500	300 - 500
Vuoti residui in volume (%)	3 - 5	3 - 5	3 - 5
	USURA NORMALE	USURA MEDIUM	USURA HARD
Stabilità Marshall (daN)	≥ 1100	≥ 1200	≥ 1200
Modulo di Rigidezza (daN/mm)	≥ 250	300 - 500	300 - 500
Vuoti residui in volume (%)	3 - 5	3 - 5	3 - 5

31.3.7.3.4 Resistenza a trazione indiretta

I provini derivanti dalla miscela ottimale compattati mediante il sistema Marshall devono essere sottoposti a prova di rottura diametrale alle temperature di 10, 25 e 40 °C (UNI EN 12697-23/2006). I requisiti di idoneità richiesti dalla prova devono essere i seguenti:

T	BASE NORMALE	BASE MEDIUM	BASE HARD
---	---------------------	--------------------	------------------

°C	Rt N/mm ²	CTI N/mm ²	Rt N/mm ²	CTI N/mm ²	Rt N/mm ²	CTI N/mm ²
10	1,30 - 2,20	≥ 140	1,40 - 2,30	≥ 160	1,50 - 2,40	≥ 160
25	0,40 - 1,10	≥ 60	0,50 - 1,20	≥ 70	0,60 - 1,30	≥ 80
40	0,20 - 0,60	≥ 35	0,20 - 0,70	≥ 35	0,30 - 0,80	≥ 40
COLLEGAMENTO NORMALE		COLLEGAMENTO MEDIUM		COLLEGAMENTO HARD		
	Rt N/mm ²	CTI N/mm ²	Rt N/mm ²	CTI N/mm ²	Rt N/mm ²	CTI N/mm ²
10	1,40 - 2,30	≥ 150	1,50 - 2,40	≥ 160	1,60 - 2,50	≥ 160
25	0,50 - 1,10	≥ 70	0,60 - 1,20	≥ 80	0,70 - 1,30	≥ 80
40	0,25 - 0,70	≥ 40	0,25 - 0,80	≥ 45	0,30 - 0,90	≥ 45
USURA NORMALE		USURA MEDIUM		USURA HARD		
	Rt N/mm ²	CTI N/mm ²	Rt N/mm ²	CTI N/mm ²	Rt N/mm ²	CTI N/mm ²
10	1,50 - 2,70	≥ 160	1,50 - 2,80	≥ 160	1,60 - 2,90	≥ 160
25	0,70 - 1,20	≥ 80	0,70 - 1,30	≥ 80	0,80 - 1,40	≥ 80
40	0,30 - 0,8	≥ 45	0,30 - 0,90	≥ 50	0,40 - 1,00	≥ 50

31.3.7.3.5 Modulo complesso (E)

Sulla miscela definita, a tre temperature 0 °C, 10 °C e 20 °C ed alle frequenze di 10, 15 e 30 Hz, con idonei sistemi dinamici, deve essere misurato il modulo complesso E* in Mpa del conglomerato (UNI EN 12697-26).

La determinazione dei moduli complessi avrà la funzione di fornire elementi numerici al progettista dell'intervento, ed un riferimento al controllo non distruttivo in sito.

31.3.7.3.6 Controllo dei requisiti di accettazione dei conglomerati bituminosi confezionati con legante di tipo "Normale", "Medium" e "Hard"

Per ciò che concerne la posa in opera delle miscele, delle caratteristiche superficiali della pavimentazione, di portanza per l'applicazione delle penalità vale quanto prescritto nell'art. 31.6

31.3.8 Miscele di usura con impiego di argilla espansa

Le miscele di usura confezionate con inerti di argilla espansa, conferiscono alla superficie stradale incrementi di caratteristiche di aderenza rispetto alle miscele con soli inerti naturali, ed una certa media fono-assorbente.

31.3.8.1 Aggregati

Valgono le stesse prescrizioni indicate all'art. 31.2.1. e per i conglomerati tradizionali con l'aggiunta dei seguenti requisiti per le argille:

- argilla espansa di tipo "resistente" pezzatura: 3/11 mm;
- resistenza del granulo allo schiacciamento $\geq 2,7$ MPa (UNI EN 13055-2).;
- valore di levigabilità VL. (UNI EN 1097-8) ≥ 65 .

L'argilla espansa, in cantiere, deve essere convenientemente protetta dalla pioggia con teli di plastica o ammannita al coperto.

31.3.8.2 Confezione delle miscele

La miscela degli aggregati deve avere una composizione granulometrica compresa nel seguente fuso:

UNI EN 933-1	Passante totale in peso %
Setaccio 14	100
" 10	82-93
" 6,3	57-77
" 4	39-59
" 2	25-38

"	0,5	12-22
"	0,125	7-13
"	0,063	6-10

Il tenore di bitume, di tipo Normale, Medium o Hard, (Art. 31.1) del tipo "A" riferito al peso totale degli aggregati deve essere compreso tra il 5,5% ed il 7,0%; la percentuale di argilla espansa deve essere compresa tra il 10% ed il 15% in peso.

Dalla granulometria eseguita sulla pezzatura 3/11mm. la percentuale di trattenuto al setaccio UNI da 8 mm deve essere inferiore od uguale al 10% in peso; inoltre la percentuale di passante al setaccio UNI con apertura 2 mm deve essere inferiore od uguale al 10% in peso.

L'utilizzazione di percentuali maggiori o minori di argilla espansa, con diverse caratteristiche meccaniche, di composizione e/o granulometriche per impieghi non specificati dalle presenti N.T.A., devono essere definite di volta in volta in fase di studio e di progetto con la D.L.

31.3.8.3 Requisiti di accettazione

Il conglomerato così composto deve rispondere agli stessi requisiti richiesti per le miscele di Usura senza argilla (Art.31.2), confezionate con bitume di tipo Normale, Medium o Hard, (Art. 31.1).

31.3.8.4 Posa in opera delle miscele

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati tradizionali (art. 31.3.5).

Inoltre la capacità fonoassorbente deve essere, in termini di assorbimento α , pari almeno a 0,2 alle frequenze di campionamento di 600 Hz e 0,3 alle frequenze di campionamento di 800 e 1000 Hz. Le misure andranno effettuate con apparecchiatura RI.MA. o similari.

31.3.9 Geocomposito per il rinforzo pavimentazioni in conglomerato bituminoso

Il geocomposito, conforme alla normativa EN 15381:2008, deve essere formato da una griglia in fibra di vetro alkali resistant accoppiata mediante cucitura ad un geotessile nontessuto a filo continuo in polipropilene.

Il prodotto deve mostrare una quantità di bitume impregnante pari ad almeno 1,1 kg/mq [EN ISO 15381], proprietà meccaniche isotrope: allungamento a rottura minore o uguale al 3% [EN ISO 10319] e resistenza a trazione variabile a seconda dell'impiego e comunque secondo le specifiche di progetto.

Il geocomposito deve essere posato sulla superficie dopo la stesa e l'avvenuta rottura del corretto quantitativo di emulsione bituminosa acida (l'effettiva quantità di bitume necessaria è pari a 1.7 kg/mq per emulsioni con almeno il 65% di bitume).

Nessun sormonto longitudinale e trasversale deve essere realizzato tra due teli di prodotto adiacenti, massima attenzione deve essere riservata alla posa al fine di evitare la formazione di pieghe.

Il geocomposito può essere direttamente transitato esclusivamente dalla finitrice e dai mezzi di cantiere necessari per il trasporto e lo scarico in finitrice del conglomerato bituminoso da stendere.

Il prodotto deve essere marcato CE in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione.

La denominazione del tipo e il numero di lotto devono essere stampati su ogni rotolo ripetendosi in maniera equidistanziata in conformità alla EN ISO 10320.

Il fornitore deve provare che da parte del produttore viene applicato un sistema di garanzia della qualità conforme all'ISO 9001.

31.4 Conglomerato bituminoso ad elevata percentuale di vuoti drenanti - fonoassorbenti

Sono i conglomerati bituminosi speciali, denominati C.D.F. (Conglomerati Drenanti Fonoassorbenti), caratterizzati da elevata percentuale di vuoti intercomunicanti, che assicurano un passaggio facilitato alle acque di pioggia ed un fonoassorbimento per risonanza delle onde sonore generate sulla strada, selettivo delle frequenze a seconda delle dimensioni volumetriche delle cavità presenti. Se usati sulla superficie della pavimentazione, influiscono sull'intensità del rumore emesso dal rotolamento dei pneumatici, oltre all'assorbimento dello stesso, come detto in precedenza. Sono anche usati per la funzione di trattenimento, temporaneo o permanente, delle sostanze inquinanti, polveri o particolati, emessi dai veicoli e trascinati dalle acque di pioggia. Di norma vengono realizzati con materiali vergini, naturali o sintetici, salvo specifica indicazione

31.4.1 Prescrizioni generali

Vedi articolo 31.2.1

31.4.1.1 Penali

L'applicazione e l'entità delle penali è descritta nell'art. 31.6 delle presenti NTA riguardano le caratteristiche del prodotto finito misurate con mezzi ad alto rendimento, aderenza, regolarità, tessitura superficiale, capacità drenante, emissione sonora (sperimentale), fonoassorbenza e prove volumetriche.

31.4.2 Miscele di: Usura drenante, Usura drenante strutturale, Ipodrenante

31.4.2.1 Descrizione

I conglomerati sono costituiti da una miscela di inerti naturali freschi, artificiali, sintetici (argilla espansa, scorie, loppe ecc.), in diverse combinazioni percentuali, impastati a caldo con bitume tipo "Hard", in impianti automatizzati, di tipo continuo (Drum Mixer) o discontinuo (sistema a vagliatura) ecc.. I conglomerati sono posti in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato a caldo. Caratteristiche prestazionali dei porosi: le miscele drenanti si suddividono nei seguenti

tipi in base al loro comportamento relativamente al rumore ed allo smaltimento delle acque meteoriche.

Miscele	Tipologia	Spessori (cm)	Drenabilità	
	Monostrato		Alta	Bassa
Usura Drenante	X	4-5	X	
Usura Drenante strutturale	X	4-5	X	
Ipodrenante	X	4		X

31.4.2.2 Bitume

Si richiamano espressamente le norme di cui all'art. 31.1.4. e tab. 31.1.4.

31.4.2.3 Attivanti chimici di adesione

Vedi art. 31.1.7.

31.4.2.4 Materiali inerti

Gli aggregati impiegati dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento UE n°305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

Gli aggregati devono essere costituiti da elementi interi, duri, di forma poliedrica, puliti esenti da polvere e da materiali estranei secondo le norme UNI EN 13043. Gli elementi litoidi non devono mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

La miscela di inerti è costituita dall'insieme degli aggregati grossi e degli aggregati fini ed eventuali additivi (filler) secondo la definizione delle norme UNI EN 13043, con la possibilità di impiegare inerti di diversa natura.

Nelle miscele potranno essere utilizzati, previa approvazione della D.L., inerti di I categoria.

Viene considerato inerte di I categoria un materiale omogeneo, la cui frazione grossa, ha un valore di levigabilità (norma UNI 1097-8) VL (denominato CLA dalla precedente norma CNR140/92) ≥ 45 , una resistenza alla frantumazione (norma UNI EN 1097-2) L.A. < 18 e coefficienti di forma (norma UNI EN 933-4) ed appiattimento (norma UNI EN 933-3) rispettivamente $SI < 10$ e $FI < 10$.

L'aggregato grosso e fine deve essere costituito da inerti che potranno essere di provenienza o natura petrografia diversa, purchè alle prove di seguito elencate eseguite sui campioni rispondenti alla miscela che si intende formare, dia i risultati richiesti.

I cumuli delle diverse classi di inerti devono essere nettamente separati tra di loro, in zone prive di ristagni ed acqua e di sostanze argillose.

31.4.2.5 Posa in opera

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibro-finitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Le vibro-finitrici devono lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti trasversali e longitudinali, questi ultimi preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di due finitrici.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 10 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Per garantire la perfetta continuità e la impermeabilizzazione del piano di posa delle miscele, deve essere previsto l'impiego di una quantità

variabile tra 0,6 kg/m² e 1,5 kg/m² di mano di attacco costituita da bitume di tipo "Hard" (art.31.1.4. e tab.31.1.4.).

In condizioni ambientali particolari che non permettono una buona adesione tra il piano di posa e la mano d'attacco, previa autorizzazione da parte della DL, potrà essere impiegata in alternativa un'emulsione bituminosa con legante tipo "Hard" garantendo le stesse quantità di legante sopra previste.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti, veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'impianto (in fase di confezionamento) deve essere indicativamente non superiore a 180° C in rapporto al tipo di bitume impiegato (è comunque raccomandabile operare alle condizioni indicate dal produttore del bitume); la temperatura del conglomerato all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento non inferiore a 140° C.

La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro e comunque quando la temperatura della superficie stradale (misurata in una zona vicina ma non interessata dai lavori) sia inferiore a 10° C

La compattazione dei conglomerati deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento deve essere realizzato solo con rulli metallici con massa non superiore a 140 kN e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili. Potrà essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 100 kN per le operazioni di finitura dei giunti e riprese.

Gli strati eventualmente compromessi (che presentano ad esempio: anomalie di stesa o di compattazione, perdite di materiale, giunti longitudinali o giunti trasversali di ripresa mal eseguiti, aperti o sgranati) devono essere rimossi e ricostruiti a cura e spese dell'Impresa; il verificarsi di tali eventi comporterà comunque l'applicazione di penali come previsto al successivo Art. 31.6

Al termine della compattazione lo strato deve avere una percentuale assoluta dei vuoti compresa tra il 20% e 25% valutata con i dati del giorno (densità massima della miscela - Gmm), o in mancanza dei dati di controllo di cantiere o nei casi controversi, con il valore di progetto. In caso di contestazione la percentuale dei vuoti verrà determinata secondo la UNI EN 12697-8.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie degli strati deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. Inoltre l'accettazione della regolarità e delle altre caratteristiche superficiali del piano finito avverrà secondo quanto prescritto nell'art. 31.6

31.4.3 Prescrizioni progettuali

31.4.3.1 Percentuale di frantumato nella miscela inerti superiori a 2 mm.

Per le miscele : 100% di inerte frantumato (*).

(*) Per inerte frantumato si intende un inerte che non abbia nessuna faccia arrotondata.

(**) Considerata l'eterogeneità della natura mineralogica di provenienza (silicea, calcarea, ecc.) dei materiali alluvionali, la percentuale di impiego nelle miscele superficiali sarà concordata di volta in volta con la Direzione Lavori

31.4.3.2 Percentuale di frantumato nella miscela inerti inferiori a 2 mm.

Per le miscele : 100% di inerte frantumato (*).

(*) Per inerte frantumato si intende un inerte che non abbia nessuna faccia arrotondata.

31.4.3.3 Los Angeles

La perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature (UNI EN 1097-2) deve essere \leq 18% in peso

31.4.3.4 Sensibilità al gelo

La sensibilità al gelo eseguita sulle singole pezzature (UNI EN 1367-1), in riferimento alla perdita di massa, deve essere $\leq 1\%$.

In riferimento alla perdita di resistenza all'abrasione, il valore deve essere $\leq 20\%$.

31.4.3.5 Valore di levigabilità VL (norma UNI EN 1097-8) e VLmix

Il valore di VL, misurato per ogni pezzatura utilizzata (UNI EN 1097-8), con esclusione delle sabbie, deve risultare ≥ 40 (prescrizione minima sul materiale).

Il valore del VL medio di riferimento, denominato VLmix, calcolato come di seguito specificato, della miscela inerti ≥ 5 mm deve essere ≥ 46 (prestazione sulla miscela degli inerti)

Il valore VLmix degli inerti viene ricavato dagli elementi uguali o superiori a 5 mm per ciascuna pezzatura impiegata ad esclusione delle sabbie.

Calcolo del valore VLmix :

- a) Si misurano le MVA (massa volumica apparente) di tutte le pezzature, ad esclusione delle sabbie.
- b) La somma delle percentuali di impiego, per la costruzione della curva granulometrica di progetto, di ogni singola pezzatura viene riportata a 100%, in quanto mancanti del passante al 5 mm.
- c) Le nuove percentuali di impiego vengono trasformate in percentuali volumetriche utilizzando le MVA (vedi punto a) e riportate anch'esse a 100%;
- d) Il valore VLmix viene calcolato dalla somma del prodotto diviso per 100 della percentuale volumetrica di ogni pezzatura (comprese la sabbia) utilizzata per il relativo valore di VL.

31.4.3.6 Coefficiente di imbibizione

Il Coefficiente di imbibizione (CNR fascicolo IV/1953) eseguito sulle singole pezzature deve essere $\leq 0,015\%$ in peso

31.4.3.7 Coefficiente di forma

I coefficienti di forma "SI" (UNI EN 933-4) e di appiattimento "FI" (UNI EN 933-3) dovranno essere per tutti gli strati minori o uguale a 10.

31.4.3.8 Equivalente in sabbia

L'equivalente in sabbia determinato sulle singole pezzature fini, deve essere per tutti gli strati ≥ 70 % (UNI EN 933-8).

31.4.3.9 Spogliamento in acqua

Per lo strato di usura lo spogliamento in acqua a 40 °C (con eventuale dopes di adesione) deve essere 0% (CNR 138/92). In casi particolari, cioè in presenza di inerti ad elevata acidità, la D.L. si riserva sistemi di indagine più approfonditi.

31.4.3.10 Additivi

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti, rocce sintetiche o artificiali, devono soddisfare i seguenti requisiti.

- Il potere rigidificante con un rapporto filler/bitume pari a 1,5 il ΔPA deve essere $> 5^{\circ}C$ (UNI EN 13179-1).
- alla prova granulometrica i passanti in peso devono soddisfare i seguenti limiti minimi:
 - Setaccio UNI 0,40 - Passante in peso per via umida 100%
 - Setaccio UNI 0,18 - Passante in peso per via umida 90%
 - Setaccio UNI 0,075 - Passante in peso per via umida 80%.
 - Della quantità di additivo minerale passante per via umida al setaccio 0,075 mm più del 50% deve passare allo stesso setaccio anche a secco
- L'indice di plasticità deve risultare non plastico (NP) (UNI CEN ISO/TS 17982-12).

31.4.3.11 Argilla espansa – Resistenza del granulo allo schiacciamento (UNI EN 13055-2)

usura drenante : argilla espansa strutturale pezzatura 7/15 $> 3,5$ MPa

usura drenante strutturale : argilla espansa strutturale pezzatura 7/15 $> 3,5$ MPa

31.4.4 Miscele

Le miscele devono avere una composizione granulometrica compresa nei fusi di seguito elencati e una percentuale di bitume riferita al peso totale degli inerti, compresa tra i sottoindicati intervalli per i diversi tipi di conglomerato.

Composizioni granulometriche indicative (fusi da usare come limiti nelle curve di progetto).

Serie setacci UNI EN 933-1	Drenante	Drenante strutturale	Ipodrenante
20	100	100	100
14	88 - 100	85 - 94	89-98
10	37 - 60	38 - 53	52-65
6,3	5 - 19	13 - 26	26-38
4			23-33
2	4 - 10	8 - 18	18-26
0,5	4 - 8	6 - 12	12-18
0,25	4 - 8	6 - 10	10-15
0,063	4 - 8	4 - 8	6-10
Spessore (cm)	4-5	4-5	4-5

31.4.4.1 Bitume

La percentuale di bitume in peso riferita al peso degli aggregati, del tipo descritto nell'art. 31.1.4., tab. 31.1.4., deve essere compresa nei seguenti intervalli:

Strato di Drenante- Drenante strutturale : 5,0% - 6,0%.

Strato di Ipodrenante : 5,0% - 6,0%.

Nel caso di impiego di inerti particolarmente porosi la percentuale massima di bitume può essere incrementata.

31.4.4.2 Fibre (minerali o miste)

Mediante idonee apparecchiature la miscela deve essere additivata con fibre di natura minerale (vetro) o miste (vetro + agglomerante) in percentuale compresa tra 0,3% e 0,5% in peso di fibra riferito agli inerti (Art.31.1.8.1.).

31.4.4.3 Requisiti di idoneità

31.4.4.3.1 Prove volumetriche e meccaniche

La miscela di Progetto deve essere analizzata mediante l'apparecchiatura "Pressa Giratoria" (UNI EN 12697-31/2004).

Gli impianti di confezionamento dovranno dotarsi gradatamente della apparecchiatura suddetta a sostituzione di quella Marshall. Per tutte le miscele la Massa Volumica Apparente (peso di volume) viene misurata geometricamente.

31.4.4.3.2 Pressa giratoria

CONDIZIONI DI PROVA

Angolo di rotazione	: 1.25° ± 0.02°
Velocità di rotazione	: 30 rotazioni al minuto
Pressione verticale ,KPa	: 600
Dimensioni provino, mm	: 100

DRENANTE	DRENANTE STRUTTURALE	IPODRENANTE
10 rotaz: % vuoti ≥ 28	10 rotaz: % vuoti ≥ 25	10 rotaz: % vuoti ≥ 20
50 rotaz: % vuoti ≥ 23 (*)	50 rotaz: % vuoti ≥ 20 (*)	50 rotaz: % vuoti ≥ 15 (*)
130 rotaz: % vuoti	130 rotaz: % vuoti	130 rotaz: % vuoti

≥ 20	≥ 18	≥ 10
-----------	-----------	-----------

(*) Dg= densità giratoria di progetto

31.4.4.3.3 Resistenza a trazione indiretta

I provini derivanti dalla miscela ottimale, compattati mediante l'apparecchiatura "Pressa Giratoria", devono essere sottoposti a prova di rottura diametrale a 25 °C (UNI EN 12697-23/2006):

I requisiti di idoneità richiesti dalla prova devono essere i seguenti:

Miscela	Rt N/mm ²	CTI N/mm ²
Drenante	0,38 - 0,56	> 20
Drenante strutturale	0,40 - 0,60	> 22
Ipodrenante	0,50-0,75	> 25

31.4.4.3.4 Prova Marshall

I provini devono essere confezionati con materiale prelevato presso l'impianto di produzione e costipato senza alcun ulteriore riscaldamento alla temperatura prescritta della norma UNI EN 12697-34/2004.

Alla stesa deve essere rilevata la temperatura di compattazione della miscela e se questa dovesse risultare inferiore a quanto previsto dalle NTA, sulla tratta interessata, devono essere eseguite prove atte al rilevamento del grado di addensamento raggiunto dalla pavimentazione.

Per l'applicazione delle penali si rimanda a quanto prescritto dall'art. 31.6

I valore della stabilità Marshall (UNI EN 12697-34/2004) eseguita a 60° C su provini costipati alla temperatura prescritta dalla Norma UNI EN 12697-34/2004 con 50 colpi di maglio per faccia, il Modulo di Rigidezza Marshall e la percentuale dei vuoti in volume (UNI EN 12697-8/2003) deve risultare:

	Drenante, e Drenante Strutturale
Stabilità Marshall daN	≥ 400
Modulo di Rigidezza daN/mm	≥ 150
Vuoti residui in volume %	≥ 23

31.4.4.3.5 Resistenza a trazione indiretta

I provini derivanti dalla miscela ottimale compattati mediante il sistema Marshall devono essere sottoposti a prova di rottura diametrale (UNI EN 12697-23) alle temperature di 10, 25 e 40 °C.

I requisiti di idoneità richiesti dalla prova devono essere i seguenti:

T °C	Drenante, Drenante strutturale	
	Rt N/mm ²	CTI N/mm ²
10	0,70 ÷ 1,00	≥ 70
25	0,25 ÷ 0,40	≥ 30
40	0,1 ÷ 0,2	≥ 15

31.4.4.3.6 Capacità drenante

La capacità drenante media eseguita in sito è misurata con permeabilmetro a colonna d'acqua o con permeabilmetro installato su mezzo ad alto rendimento, entro 14 gg dall'apertura al traffico.

I requisiti di idoneità richiesti dalla prova devono essere i seguenti:

Miscela	Capacità drenante (litri/min.)
---------	--------------------------------

Drenante	20÷ 30
Drenante strutturale	10÷ 25
Ipodrenante	8÷ 15

I valori del permeabilmetro verranno riportati a quelli del misuratore a colonna, in modo da individuare le quantità equivalenti.

31.4.4.3.7 Modalità per la determinazione della capacità drenante su strati superficiali di pavimentazione

Questa procedura descrive le modalità, il campo di applicazione, lo scopo, del sistema di misura della permeabilità di strati superficiali di pavimentazione.

La metodologia consiste nel misurare la capacità di smaltimento d'acqua di una pavimentazione mediante l'utilizzo di un contenitore cilindrico con dimensioni e forma definite, che viene posto sulla pavimentazione in esame e riempito con acqua.

Il tempo necessario per lo svuotamento di un dato volume d'acqua contenuta dal recipiente permette di misurare la permeabilità della pavimentazione.

APPARECCHIATURA DI PROVA

Per la esecuzione della prova vengono utilizzate le seguenti attrezzature e strumentazioni di seguito riportate:

- Contenitore cilindrico (permeabilmetro), vedi fig. 31.5.4.3.7.
- Mastice o silicone per il fissaggio del permeabilmetro sulla pavimentazione
- Peso non minore di 5000 g, vedi fig. 31.5.4.3.7.

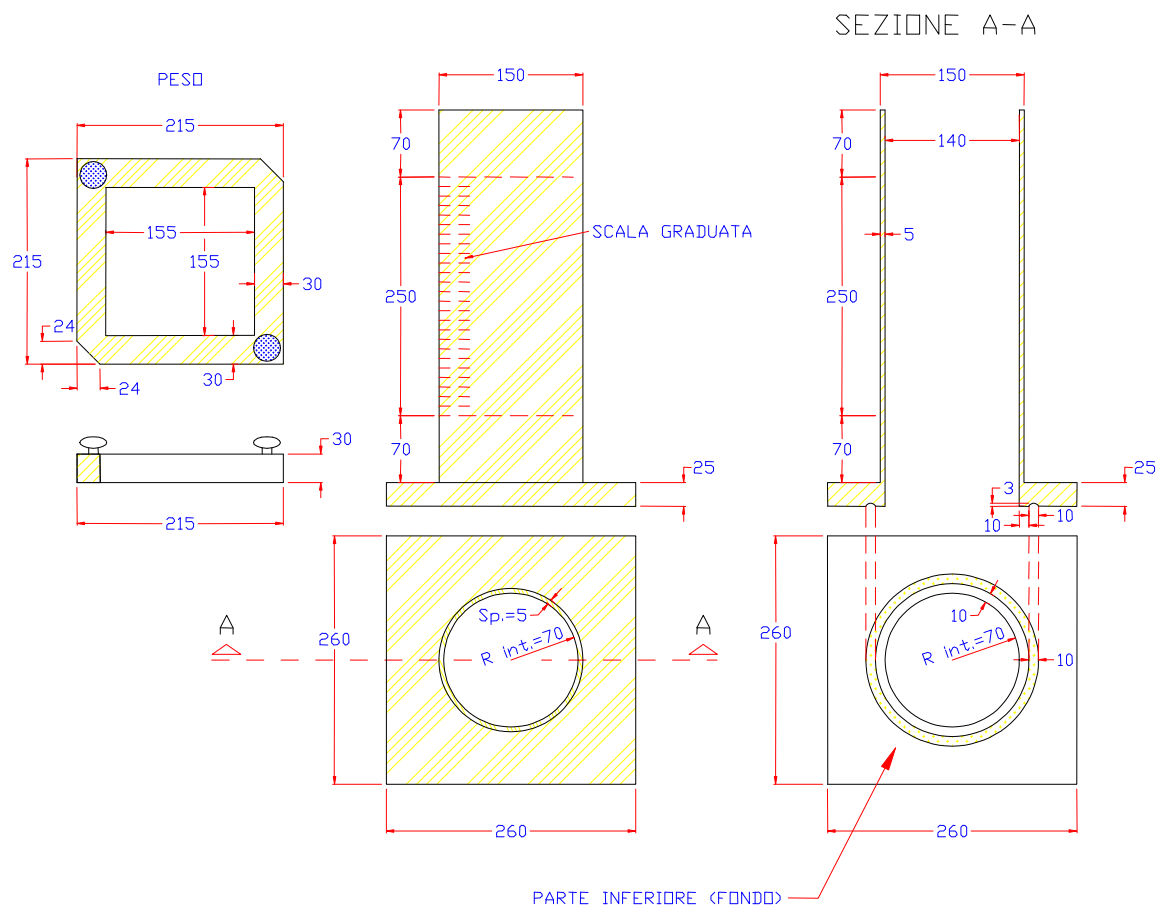


Fig. 31.5.4.3.7.

DESCRIZIONE E MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLA PROVA

Si pone il permeabilimetro vuoto sulla pavimentazione in esame tracciando con un gesso cerato il bordo esterno ed il cerchio interno del permeabilimetro che rappresenta l'area di prova.

Tolto il permeabilimetro dall'area tracciata, esclusa quella di prova, si spalma accuratamente il silicone, sigillando i fori superficiali della pavimentazione; inoltre sul fondo dello strumento, nella parte solcata intorno al foro cilindrico, va applicato un filo di silicone, facendo attenzione che sia superiore alla profondità del solco di circa 2 mm.

Si pone lo strumento sulla pavimentazione, facendolo coincidere con i segni precedentemente effettuati, per evitare qualsiasi riduzione dell'area di prova; si applica un peso (non minore di 5000 g) per migliorare l'aderenza al suolo dello strumento.

Subito dopo, per eliminare l'aria contenuta nel conglomerato e per renderne uniforme la temperatura nell'area di prova, si effettua un primo riempimento del permeabilimetro; non appena il livello dell'acqua arriva

allo zero della scala graduata (livello inferiore), si riempie nuovamente il permeabilmetro fino al bordo superiore, facendo in modo di far trascinare una certa quantità di acqua.

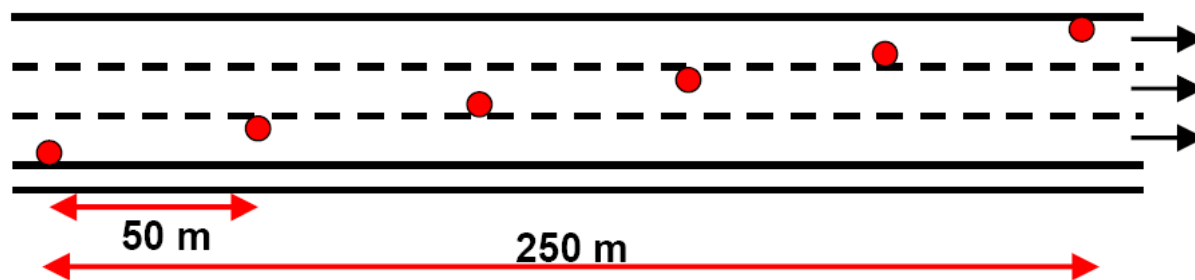
Non appena il livello dell'acqua arriva alla soglia superiore della scala graduata (altezza di 250 mm), si fa partire la rilevazione dell'intervallo di tempo che termina quando il livello d'acqua è sceso fino allo zero di gradazione.

Il rapporto tra la quantità d'acqua (in dm³ nota) e l'intervallo di tempo trascorso (in minuti) rappresenta la capacità drenante espressa in dm³/min.

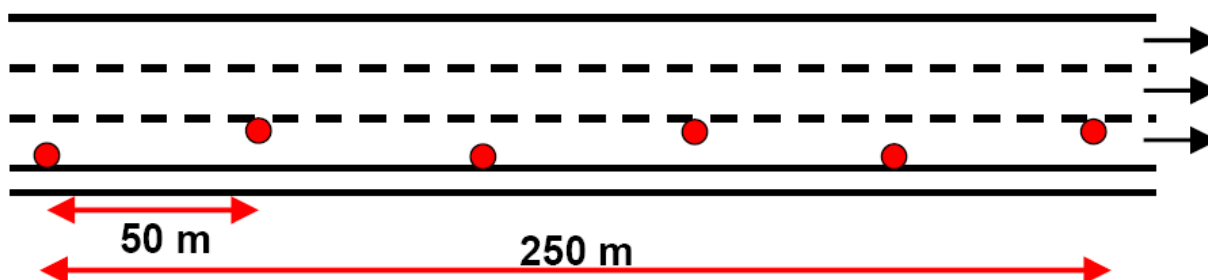
Il valore singolo è ricavato dalla esecuzione di due prove distanti 1 metro (mediandone i due valori).

Si riportano di seguito i criteri di misura affinché le VERIFICHE DI DRENABILITÀ siano statisticamente significative :

- Effettuare (per siti di stesa di almeno 10.000 mq - pari ad 1 km di carreggiata su tratte a 2 corsie) almeno n.6 "Punti di Misura" di drenabilità distanziati di circa 50 m ed alternati sul lato dx/sx della/e corsia/e oggetto delle verifiche (è opportuno, compatibilmente con le condizioni di segnaletica a disposizione, valutare tutto l'insieme delle corsie interessate) - Vedi schemi sottostanti -.
- Per ciascuno dei "Punti di Misura" dovranno essere effettuate n.2 prove di drenabilità, da cui deriverà un Valore Medio rappresentativo della capacità drenante del "Punto di Misura"
- Non è consentito (risultati anormali) eseguire le prove in corrispondenza del giunto longitudinale di stesa o dei giunti trasversali di ripresa lavori
- Il DATO da utilizzare per la valutazione delle Performance sarà costituito dalla MEDIA dei 6 Valori Medi ricavati per ciascun "Punto di Misura", relativo pertanto ad un tratto di corsia lungo almeno 250 m ("sezione di misura").
- Per siti di dimensioni maggiori, ripetere tale "set" di prove un numero di volte proporzionale all'estensione, allocando alternativamente la "sezione di misura" su tutte le corsie lavorate.
- L'esecuzione delle prove deve avvenire a ridosso dei lavori di stesa (così da sfruttare le segnaletiche del cantiere in atto anche per i test di drenabilità) od al massimo entro 14 gg dal termine della stesa stessa (questo caso - da evitare il più possibile - comporta l'aggravio di dover predisporre nuove segnaletiche). Tale modalità di controllo renderà omogenee e confrontabili le misure eliminando effetti di "invecchiamento" dello strato. Inoltre consente comunque di gestire in "real time" eventuali problematiche insorte.



Esempio di schema di rilievo nel caso di intervento eseguito sull'intera carreggiata a tre Corsie



Esempio di schema di rilievo nel caso di intervento eseguito sulla sola corsia di marcia o nel caso di indisponibilità della chiusura al traffico delle altre corsie interessate dall'intervento

RISULTATI DELLE PROVE

Il valore di permeabilità - capacità drenante viene espresso in lt/min come valore medio (M) delle due prove effettuate nel punto della pavimentazione in esame. $(0.8 \div 1.2) \times M$ rappresenta l'intervallo di capacità drenante entro cui devono cadere le due prove per poter essere ritenute valide.

31.4.4.3.8 Caratteristiche di fono-assorbenza

La fono-assorbenza deve essere misurata in sito mediante metodo dell'impulso riflesso eseguito con il veicolo RIMA, dopo il 15° giorno della stesa delle miscele, i valori dei coefficienti di fono-assorbenza α devono essere quelli riportati in tabella, per almeno 5 delle 8 frequenze indicate:

Miscele	Frequenza (Hz)							
	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000

Drenante + Drenante strutturale	$\alpha \geq$ 0,10	$\alpha \geq$ 0,13	$\alpha \geq$ 0,15	$\alpha \geq$ 0,21	$\alpha \geq$ 0,32	$\alpha \geq$ 0,33	$\alpha \geq$ 0,27	$\alpha \geq$ 0,26
---------------------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

In via sperimentale potranno essere effettuate misure di rumore emesso al rotolamento ERNL (Evaluated Road Noisiness Level) basate sulla microprofilo delle superfici secondo la formula

$$\text{ERNL} = 60 + 0.39 \times \text{LT80} - 0,13 \times \text{LT5} \quad (\text{dB(A)})$$

31.5 Trattamenti superficiali d'irruvidimento

31.5.1 Microtappeti a freddo (tipo Macro Seal)

31.5.1.1 Descrizione

Il microtappeto a freddo è costituito dall'applicazione di un sottile strato di malta bituminosa impermeabile irruvidita.

La malta è formata da una miscela di inerti particolarmente selezionati, impastati a freddo con un bitume modificato ed emulsionato.

La miscelazione e la stesa sono effettuate con una apposita macchina semovente ed il trattamento, che normalmente non richiede rullatura, può essere aperto al traffico quasi immediatamente.

31.5.1.2 Inerti

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento UE n°305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

Per l'aggregato grosso devono essere impiegati esclusivamente inerti frantumati di cava, con perdita in peso alla prova Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature (UNI EN 1097-2/1999), minore del 18%; inoltre il valore di levigabilità VL determinato su tali pezzature deve essere maggiore od uguale 46 (UNI EN 1097-8/2001), la porosità minore od uguale a 1,5% (CNR B.U. n. 65 del 18.05.1978), la quantità di frantumato deve essere 100%, il coefficiente di imbibizione $\leq 0,015$ (CNR Fasc.IV/1953), i coefficienti di forma "SI" (UNI EN 933-4/2001) e di appiattimento "FI" (UNI EN 933-3/2004) dovranno essere minori o uguali al 10%, la sensibilità al gelo minore od uguale a 20% per la perdita in resistenza (UNI EN 1367-1/2001) e $< 1\%$ perdita in massa (UNI EN 1367-1/2001), lo spogliamento in acqua a 40 °C deve essere 0% (CNR 80/80).

L'aggregato fino deve essere composto da sabbie provenienti di frantumazione.

La percentuale delle sabbie provenienti da frantumazione dovrà essere al 100%.

In ogni caso la qualità delle rocce e degli elementi litoidi da cui è ricavata per frantumazione la sabbia deve avere alla prova Los Angeles (UNI EN 1097-2/1999), eseguita su granulato della stessa provenienza, perdita in peso non superiore al 25%.

La somma dei trattenuti in peso delle sabbie impiegate ai setacci ISO 3310 con apertura maggiore di 2 mm non deve superare, nella curva granulometrica finale, il 10% in peso, quando le stesse sabbie provengono da rocce aventi un valore di VL. minore od uguale a 43.

L'equivalente in sabbia determinato sulla sabbia o sulla miscela delle due deve essere maggiore od uguale a 70% (UNI EN 933-8).

31.5.1.3 Additivi

Gli additivi (filler) provenienti dalle sabbie potranno essere integrati con filler di apporto (normalmente cemento Portland 325); gli additivi impiegati devono soddisfare i requisiti richiesti all'art. precedente punto 31.3.6.10.

31.5.1.4 Miscela

Le miscele devono avere una composizione granulometrica compresa nei fusi di seguito elencati in funzione dello spessore finale richiesto:

Spessore minimo	9 mm	6 mm	4 mm
-----------------	------	------	------

Setacci Serie UNI- EN 933/1			
14 passante %	100	100	100
10 " "	90-98	91-97	100
6,3 " "	72-87	72-88	100
4 " "	52-73	53-74	84-100
2 " "	36-54	35-54	60-84
0,5 " "	16-30	16-30	24-40
0,125 " "	6-14	6-15	8-16
0,063 " "	4-10	4-11	6-11

Miscela con spessori finali diversi devono essere concordate di volta in volta con la D.L.

31.5.1.5 Malta bituminosa

Il legante bituminoso deve essere costituito da un bitume modificato ed emulsionato al 60% a rottura controllata, modificata con elastomeri sintetici incorporati in fase continua (acqua) prima dell'emulsione (art.31.1., tab.31.1.5..).

Per la realizzazione dell'emulsione si dovrà esclusivamente impiegare bitume di tipo "F" (Art.31.1.5., tab.31.1.5.1.).

Devono essere impiegati additivi chimici per facilitare l'adesione tra il legante bituminoso e gli inerti, per intervenire sul tempo di rottura dell'emulsione.

Il loro dosaggio, ottimizzato con uno studio di laboratorio, deve essere in funzione delle condizioni esistenti al momento dell'applicazione e specialmente in relazione alla temperatura ambiente e del piano di posa.

31.5.1.6 Composizione e dosaggi della miscela

La malta bituminosa deve avere i seguenti requisiti:

Spessore minimo		9 mm	6 mm	4 mm
Dosaggio della malta	Kg/m ²	13-20	8-14	6-10
Dimensione max inerti	mm	10-12	7-9	5-6
Contenuto di bitume modificato residuo, % in peso sugli inerti	%	5-7,5	6-8	7-10

31.5.1.7 Acqua

L'acqua utilizzata nella preparazione della malta bituminosa a freddo deve essere dolce, limpida, non inquinata da materie organiche e qualsiasi altra sostanza nociva.

31.5.1.8 Confezionamento e posa in opera

Il confezionamento dell'impasto deve essere realizzato con apposita macchina impastatrice-stenditrice semovente costituita essenzialmente da:

- Serbatoio dell'emulsione bituminosa
- Tramoggia degli aggregati lapidei
- Tramoggia del filler
- Dosatore degli aggregati lapidei
- Nastro trasportatore
- Spruzzatore dell'emulsione bituminosa
- Spruzzatore dell'acqua
- Mescolatore
- Stenditore a carter

Le operazioni di produzione e stesa devono avvenire in modo continuo, connesso alla velocità di avanzamento della motrice, nelle seguenti fasi:

- ingresso della miscela di aggregati e del filler nel mescolatore
- aggiunta dell'acqua di impasto e dell'additivo
- miscelazione ed omogeneizzazione della miscela di inerti e del suo grado di umidità
- aggiunta dell'emulsione bituminosa
- miscelazione ed omogeneizzazione dell'impasto
- colamento dell'impasto nello stenditore a carter
- distribuzione dell'impasto nello stenditore, stesa e livellamento.

Prima di iniziare la stesa del microtappeto si deve procedere ad una energica pulizia della superficie stradale oggetto del trattamento,

manualmente o a mezzo di mezzi meccanici: tutti i detriti e le polveri devono essere allontanati. In alcuni casi, a giudizio della D.L., si dovrà procedere ad una omogenea umidificazione della superficie stradale prima dell'inizio delle operazioni di stesa.

In particolari situazioni la D.L. potrà ordinare, prima dell'apertura al traffico, una leggera saturazione del microtappeto a mezzo di stesa di sabbia di frantoio (da 0,5 a 1 Kg di sabbia per m² di pavimentazione) ed eventualmente una modesta compattazione da eseguirsi con rulli in seguito specificati.

Al termine delle operazioni di stesa il microtappeto deve presentare un aspetto superficiale regolare ed uniforme esente da imperfezioni (sbavature, strappi, giunti di ripresa), una notevolissima scabrosità superficiale, una regolare distribuzione degli elementi litoidi componenti la miscela, assolutamente nessun fenomeno di rifluimento del legante.

In zone con sollecitazioni superficiali trasversali forti (curve ecc.) è opportuno che la malta bituminosa venga leggermente rullata prima dell'indurimento. La rullatura deve essere effettuata con apposito rullo gommato leggero a simulazione del traffico veicolare munito anche di piastra riscaldante per favorire l'evaporazione dell'acqua contenuta nella miscela stessa.

La produzione o la posa in opera del microtappeto deve essere interrotta con temperatura dell'aria inferiore ai 15°C ed in caso di pioggia.

31.5.2 Microtappeti a freddo (Tipo Macro Seal) fibrorinforzati

31.5.2.1 Descrizione

Il microtappeto fibrorinforzato a freddo è costituito dall'applicazione di un sottile strato di malta bituminosa impermeabile irruvidita additivata con fibre minerali (art.31.1.8.2. ,tab. 31.1.8.2.) da impiegare in zone soggette a forti sollecitazioni superficiali e trasversali (curve, salite, ecc.).

La malta è formata da una miscela di inerti particolarmente selezionati, impastati a freddo con un bitume modificato ed emulsionato.

La miscelazione e la stesa sono effettuate con una apposita macchina semovente ed il trattamento, che normalmente non richiede rullatura, può essere aperto al traffico quasi immediatamente.

31.5.2.2 Inerti

Valgono le prescrizioni art. 31.5.1.2

31.5.2.3 Additivi

Valgono le prescrizioni art. 31.5.1.3

31.5.2.4 Miscela

Valgono le prescrizioni art. 31.5.1.4

31.5.2.5 Fibre minerali

Mediante idonea apparecchiatura la malta bituminosa deve essere additivata con fibre minerali in percentuali in peso riferite agli inerti variabili tra lo 0,6% e 1,0 %.

31.5.2.6 Malta bituminosa

Valgono le prescrizioni art. 31.5.1.5.

31.5.2.7 Composizione e dosaggi della miscela

La malta bituminosa deve avere i seguenti requisiti:

Spessore minimo		9 mm	6 mm	4 mm
Dosaggio della malta	Kg/ m ²	13-20	8-14	6-10
Dimensione max inerti	mm	10-12	7-9	5-6
Contenuto di bitume modificato residuo, % in peso sugli inerti	%	5-7,5	6-8	7-10
Dosaggio fibre minerali, riferite agli inerti	%	0,6- 1,0	0,6- 1,0	0,6- 1,0

31.5.2.8

31.5.2.9 Acqua

L'acqua utilizzata nella preparazione della malta bituminosa a freddo deve essere dolce, limpida, non inquinata da materie organiche e qualsiasi altra sostanza nociva.

31.5.2.10 Confezionamento e posa in opera

Vedi punto 31.5.1.8.

31.5.3 Trattamento superficiale di irruvidimento (mono strato mono granulare) con resina bicomponente ed inerti ad elevata rugosità ed alta resistenza all'abrasione

31.5.3.1 Descrizione

Il trattamento consiste nell'operazione di irruvidimento del manto stradale da effettuare con inerti di elevate caratteristiche di resistenza all'abrasione ed all'urto, tramite resina bicomponente (art.31.1.9., tab 31.1.9.) da applicare sulla pavimentazione preesistente.

31.5.3.2 Materiali inerti

L'inerte di tipo naturale o artificiale deve essere privo di materiali rigonfianti e preventivamente approvato dalla D.L., e rispondere ai seguenti requisiti:

- la perdita alla prova Los Angeles (UNI EN 1097-2) deve essere minore od uguale a 22%;
- il valore di levigabilità VL. (UNI EN 1097-8) deve essere maggiore od uguale a 52;

31.5.3.3 Legante

Il legante deve essere una resina bicomponente (Art.31.1.4, tab 31.1.5.); i due componenti devono essere miscelati nel rapporto 2:1 in peso al momento dell'impiego e lavorati a temperature adeguate.

31.5.3.4 Posa in opera

Preventivamente la superficie della strada deve essere vigorosamente spazzolata, per togliere la polvere e qualsiasi corpo estraneo. Inoltre non devono essere presenti macchie di umidità sulla superficie, eventualmente da rimuovere mediante getto d'aria calda.

Eventuali presenze d'olio sulla superficie stradale devono essere rimosse usando una soluzione detergente, seguita da un risciacquo con acqua pulita.

Le strisce esistenti della segnaletica orizzontale, di materiale termoplastico, devono essere asportate mediante irradiazione e/o bocciardatura.

Prima dell'esecuzione del trattamento (soprattutto in galleria) va eseguito un controllo sulla superficie da trattare per verificare che non ci siano macchie d'acqua che devono venir rimosse con getto d'aria calda.

I due componenti della resina devono essere portati a temperature idonee per facilitarne lo spruzzaggio, secondo le prescrizioni del fornitore.

La resina deve essere spruzzata sulla superficie stradale tramite un sistema a bassa pressione controllato elettronicamente che consenta un continuo monitoraggio dei parametri di miscelazione dei due componenti e quello di stesa da parte dell'operatore e che indichi istantaneamente con segnale sonoro e visivo la presenza, e la possibile causa, di una anomalia nel circuito.

Il rapporto stechiometrico deve essere mantenuto entro una tolleranza dell'1 % (espressa come percentuale del volume totale); il sistema di miscelazione dinamico e statico, deve garantire una perfetta uniformità di miscelazione dei due componenti la resina, miscelandoli intimamente.

Il sistema computerizzato di controllo deve essere in grado di fornire alla D.L. uno stampato per la determinazione delle quantità di materiale impiegato.

Sulla macchina spruzzatrice deve essere presente un serbatoio aggiuntivo di prodotto atto al lavaggio del circuito di spruzzatura che garantisca una perfetta pulizia delle parti interessate senza disperdere nell'ambiente i prodotti di lavaggio.

Le quantità espresse in kg/m² di resina e di graniglia da applicare sulle pavimentazioni sono in funzione del piano di posa interessato e della granulometria della graniglia da utilizzare e devono essere comprese nei seguenti limiti:

	RESINA Kg/m ²	GRANIGLIA (dopo pulizia) Kg/m ²
Granulometria ¾ mm:	0.9÷3.0	5÷10
Granulometria 2/3 mm:	0.7÷3.0	4÷9

N.B.: Le quantità dei materiali impiegati dovranno essere approvate dalla D.L. in funzione della tessitura superficiale della pavimentazione. La graniglia deve essere distribuita accuratamente attraverso una idonea attrezzatura approvata dalla D.L. I pneumatici del veicolo per la

graniglia devono essere di larghezza adeguata per prevenire una eccessiva concentrazione del carico del mezzo sulla superficie trattata. Il veicolo spandigraniglia deve avere la possibilità di controllare e variare la quantità della graniglia distribuita.

31.5.3.5 Irruvidimento con macchina pallinatrice

Le superfici con ridotto CAT possono essere riportate a valori superiori con irruviditici a secco denominate pallinatrici che non lasciano superfici trattate con striature orientate in senso longitudinale e trasversale, per non incrementare il rumore di rotolamento e non creare l'effetto rotaia. I pallini proiettati dalla macchina vanno recuperati per aspirazione e reimpiegati previa eliminazione delle particelle distaccate dai manti stradali, in modo da incrementare comunque i valori di HS ed ottenere il massimo incremento possibile per il CAT, in relazione al tipo di miscele presenti nel punto trattato.

31.6 Controlli prestazionali e relative penali

Per i materiali di fondazione (non legati e legati) e per i bitumi, se non c'è il raggiungimento delle prestazioni richieste, verranno applicate le penali definite negli specifici articoli e qui di seguito richiamate in modo sintetico. (L'omissione in questo articolo di alcune penali riportate in altre parti delle presenti NTA non ne elimina la validità).

Se sullo stesso manufatto si verifica la concomitanza di più penali per diversi motivi il massimo tetto, comunque non superabile, sarà del 50% (cinquantapercento). In questi casi ci si riserva in alternativa la facoltà di rifacimento a cura e spese dell'Impresa.

	REQUISITI	ARTICOLO	PENALI
Conglomerati : Durata a fatica	Non inferiore a quella del c.b. di riferimento	Art. 31.2.1.3 Art. 31.6.2.1	10%
Conglomerati : Caratteristiche della Miscela	Non inferiore a quelle prescritte	Art.31.2.1 Art. 31.6.2.2	10%
Conglomerati : Posa in Opera		Art.31.3.5 Art. 31.4.2.5. Art.	5%

		31.6.2.3	
Portanza : Fondazione non legata (Modulo Elastico E)	$E > 1850 \text{ daN/cm}^2$	Art. 29.5.	10%
Portanza : Fondazione (o sottobase) a legante idraulico o equiparata (Modulo Elastico E)	Moduli secondo Fig. 1	Art. 30.1.7.	10 - 20%
Qualità dei Bitumi	Caratteristiche varie	Art. 31.1.1.3	10%
Usure Drenanti Fonoassorbenti : Capacità drenante	Permeabilità inferiore a quella prescritta	Art. 31.4.4.3.6	10%
Usure Drenanti Fonoassorbenti : Coefficiente di Fonoassorbimento	Valori di \square secondo frequenze	Art. 31.4.4.3.8	2% (*)

(*) Per ogni valore non raggiunto (detrazione massima 6%)

Altre penali sono presenti nei relativi articoli, come per esempio quella della segnaletica ad alta retroriflessione (art 35.4.1.7.)).

Dettagliamo nel seguito le altre prestazioni richieste, misurate con i mezzi ad Alto Rendimento della Committente (le prove potranno essere effettuate anche da "terzi", su specifiche fornite dalla committente) e le penali conseguenti per il non raggiungimento delle suddette.

31.6.1 Controlli ad alto rendimento: Tutti i tipi di conglomerato bituminoso

31.6.1.1 Portanza: Requisiti

Per quanto riguarda invece le caratteristiche strutturali degli strati in conglomerato bituminoso messi in opera, il parametro di riferimento è il modulo elastico che sarà ricavato interpretando una serie di misure di deflessione dinamica effettuate con apparati di tipo F.W.D/H.W.D (le prove potranno essere effettuate anche da "terzi", su specifiche fornite dalla committente); per l'interpretazione delle misure di deflessione, è necessario conoscere gli spessori degli strati in conglomerato bituminoso della pavimentazione che verranno rilevati a cavo aperto dalla D.L. e/o potranno essere ricavati mediante una opportuna campagna di carotaggi successiva da eseguire con un passo non inferiore a 500 m.

Per una maggiore precisione nella determinazione degli spessori, tale campagna di carotaggi potrà essere integrata dal rilievo in continuo, mediante radar, della stratigrafia della pavimentazione eseguito con l'apparecchiatura ad alto rendimento denominata ARGO.

Per la valutazione del modulo medio complessivo del Pacchetto degli strati legati a bitume (spessore complessivo del Pacchetto degli strati

legati a bitume ≥ 10 cm), le prove di deflessione dinamica avverranno su pavimentazioni nuove o con il pacchetto degli strati legati a bitume completamente rinnovato.

Le prove di deflessione dinamica saranno eseguite sulla superficie finita della pavimentazione in un periodo di tempo variabile fra il 10° giorno dal termine della stesa dell'ultimo strato e prima dell'apertura al traffico.

Le prove di deflessione dinamica verranno interpretate per il calcolo del valore del modulo elastico mediante il programma "BACAN" (che verrà utilizzato dalla committente interpretando anche prove deflettometriche effettuate da "terzi") ed il valore dovrà essere riportato alla temperatura di riferimento del conglomerato di 20°C. secondo curve di correzione proposte dalla committente.

Le prove dinamiche tipo F.W.D./H.W.D. non saranno eseguite con temperature superficiali della pavimentazione oltre i 30°C. Le misure di F.W.D./H.W.D. verranno effettuate al massimo ogni 50 mt di corsia per aver a disposizione un campione di dati di ampiezza statisticamente accettabile, eccezionalmente, per motivi operativi e di interferenza con il traffico, l'intervallo tra le prove potrà essere esteso fino ad un massimo di 100 mt. Per ciascuna tratta con tipo di intervento omogeneo, il numero di prove da eseguire, perché il campione abbia una ampiezza statisticamente accettabile, non deve essere inferiore a 20, qualsiasi sia la sua lunghezza. Per la valutazione delle caratteristiche strutturali si farà riferimento al valore medio del modulo espresso in daN/cm², ricavato dai moduli risultanti dalle misure puntuali di F.W.D./H.W.D., relativo a ciascuna tratta omogenea in cui è possibile suddividere l'intera lunghezza di stesa. Per tratte omogenee si intendono quei tratti di pavimentazione nei quali ricadono almeno 4 punti di misura e nei quali i valori dei moduli elastici sono distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale". Le tratte omogenee saranno individuate da un programma di calcolo collegato al "BACAN".

31.6.1.2 Portanza: Penali

In funzione del valore medio del modulo dello strato o del pacchetto di strati soggetto a prova, lo strato od il pacchetto interessato e tutti gli strati sovrastanti verranno penalizzati degli importi elencati nella seguente tabella :

MODULO DI ELASTICITÀ (E) dello Strato o del Pacchetto di strati legati a bitume soggetti a prova (daN/cm ² a 20°C)	PENALITÀ per lo strato o pacchetto di strati soggetti a prova ed eventuali strati sovrastanti
$E > 150000$	Detrazione del 15%
$120000 \leq E \leq 150000$	Detrazione del 10%
$55000 \leq E < 120000$	Prestazione valida
$45000 \leq E < 55000$	Detrazione del 10%
$35000 \leq E < 45000$	Detrazione del 20%
$30000 \leq E < 35000$	Detrazione del 50%

Nel caso in cui il modulo riscontrato risulti inferiore ai 30000 daN/cm² il lavoro non sarà considerato accettabile, e la D.L., anche tenendo conto dell'estensione e della distribuzione delle tratte omogenee carenti potrà richiedere il suo rifacimento a completa cura e spesa dell'Appaltatore.

31.6.1.3 Aderenza e Macrotessitura: Requisiti

Nei tappeti e/o trattamenti superficiali dovranno essere realizzati valori di aderenza e tessitura granulometrica superficiale (macro - tessitura) idonei in rapporto a:

A. I tipi di materiale e/o trattamenti usati per l'esecuzione dello strato superficiale;

B. Le condizioni plano - altimetriche del tracciato in ogni suo punto;

C. Il tipo di traffico prevalente e la sua intensità.

Il Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) misurato con l'apparecchiatura SCRIM o SUMMS (Norma CNR B.U. n° 147 del 14.12.92 - la relazione tra il valore CAT qui prescritto, denominato CAT_{aut}, e quello definito dalla norma CNR, denominato CAT_{cnr}, è : $CAT_{aut} = CAT_{cnr} \times 100$) deve risultare superiore o uguale ai seguenti valori:

MATERIALE	CAT prescritto
Conglomerati bituminosi normali e speciali per usura (tipo	58

CB, CBS, CBH)	
Conglomerati bituminosi normali e speciali per binder (tipo CB, CBS, CBH): provvisori	45
Conglomerati bituminosi modificati con polimeri per viadotti (tipo CBV)	55
Conglomerati bituminosi con inerti chiari e irradiati	55
Conglomerati bituminosi (tipo CB, CBS, CBH) con argilla espansa	60
Conglomerati bituminosi drenanti, drenanti strutturali (tipo CBD; CBDS)	53
Microtappeti a freddo (Macroseal - tipo MTF) - spessore 9 mm	62
Microtappeti a freddo (Macroseal - tipo MTF) - spessore 6 mm	62
Trattamenti superficiali con leganti sintetici (Italgrip - tipo TSS)	72

Inoltre la tessitura geometrica (HS) intesa come macro-tessitura superficiale misurata mediante il misuratore "mini texture meter" (WDM-TRRL) o mediante il SCRIM/SUMMS dovrà essere superiore o uguale ai seguenti valori:

MATERIALE	HS prescritto
Conglomerati bituminosi normali e speciali per usura (tipo CB, CBS, CBH)	0,3 mm
Conglomerati bituminosi normali e speciali per binder (tipo CB, CBS, CBH): provvisori	0,2 mm
Conglomerati bituminosi modificati con polimeri per viadotti (tipo CBV)	0,4 mm
Conglomerati bituminosi con inerti chiari e irradiati	0,5 mm
Conglomerati bituminosi (tipo CB, CBS, CBH) con argilla espansa	0,3 mm
Conglomerati bituminosi drenanti, drenanti strutturali (tipo CBD; CBDS)	0,8 mm
Microtappeti a freddo (Macroseal - tipo MTF) - spessore 9 mm	0,6 mm
Microtappeti a freddo (Macroseal - tipo MTF) - spessore 6 mm	0,5 mm
Trattamenti superficiali con leganti sintetici (Italgrip - tipo TSS)	0,8 mm
Trattamenti di irruvidimento con sistemi meccanici:	
- All'esterno di gallerie e all'interno di gallerie con possibili ristagni d'acqua	0,5 mm
- All'interno di gallerie impermeabilizzate	0,4 mm

Le misure di CAT e HS interesseranno almeno una corsia (marcia o marcia lenta) e dovranno essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico, ad eccezione dei conglomerati bituminosi drenanti per i quali le misure dovranno essere effettuate tra il 60° ed il 270° giorno dall'apertura al traffico.

Per quanto riguarda le misure di CAT e HS, effettuate con il SCRIM / SUMMS, dovrà essere rilevato almeno il 10% della lunghezza coperta da

ogni singolo cantiere e le tratte da misurare (di lunghezza sempre superiore a 200 m.) potranno essere localizzate nei punti dove a giudizio della D.L. la tessitura e/o la rugosità risulti non sufficiente o dubbia; le misure di CAT e HS dovranno essere effettuate con un "passo di misura" di 10 m. e i valori misurati di CAT e HS potranno, eventualmente, essere mediati ogni 50 m. per filtrare disomogeneità occasionali e localizzate delle superfici.

Per la VALUTAZIONE delle CARATTERISTICHE di ADERENZA e MACROTESSITURA SUPERFICIALE si farà riferimento ai valori medi di CAT e HS, ricavati dalle misure puntuali (passo 10 m.) o dai valori già mediati ogni 50 mt, relativi a ciascuna TRATTA OMOGENEA in cui è possibile suddividere la tratta misurata.

Per TRATTE OMOGENEE si intendono quei tratti di pavimentazione, nei quali ricadono almeno 4 valori dell'indicatore e per cui i valori dell'indicatore sono distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale"; i valori medi di CAT e HS ricavati per ciascuna TRATTA OMOGENEA dovranno risultare in accordo con le prescrizioni sopra riportate.

Nel caso in cui l'apparato di misura abbia rilevato (CAT ed HS) su i due lati della corsia in esame è facoltà della Committente analizzare entrambe le serie di misure per poi prendere in considerazione, per il confronto con le prescrizioni sopra riportate, i valori medi di CAT ed HS relativi alle TRATTE OMOGENEE in condizioni peggiori.

Le tratte omogenee saranno individuate da un programma di calcolo collegato al programma di restituzione dei dati di aderenza.

Per quanto riguarda le misure di HS eseguite con il "mini texture meter" il valore da assumere come riferimento è la media dei quattro valori ottenuti misurando quattro strisciate longitudinali, distanziate in senso trasversale di 50 cm, preferibilmente ubicate nelle zone più battute dalle ruote. Lo strumento fornisce valori di tessitura media ogni 10 m. ed ogni 50 m. lungo ogni striscia longitudinale, pertanto, ai fini del controllo, dovrà risultare in accordo con le prescrizioni la media (una sola cifra decimale) dei quattro valori ottenuti ogni 50 m. (uno per ciascuna striscia longitudinale).

31.6.1.4 Aderenza e Macrotessitura: Penali

Qualora il valore medio di CAT o HS, come definito in precedenza per ciascuna TRATTA OMOGENEA (Misure SCRIM o SUMMS) o per ciascuna tratta da 50 m. (Misure di HS con "mini texture meter"), sia inferiore ai valori prescritti ridotti di una tolleranza pari al 10%, per ciascun tipo di pavimentazione, lo strato di rotolamento (quello a diretto contatto con i pneumatici) verrà penalizzato del 15% del suo costo (da calcolare prendendo a riferimento la larghezza complessiva di tale strato anche se le misure interessano una corsia), questo fino al raggiungimento di una soglia di non accettabilità appresso specificata.

I valori della soglia di non accettabilità sono :

CAT = 40

HS = 0,25 mm (eccetto i binder provvisori per i quali vale il valore prescritto in tabella)

Qualora i valori medi di CAT o HS, come definiti in precedenza per ciascuna tratta omogenea (Misure SCRIM o SUMMS) o per ciascuna tratta da 50 m (Misure di HS con "mini texture meter"), siano inferiori o uguali ai valori ritenuti inaccettabili, l'Appaltatore dovrà procedere gratuitamente all'asportazione completa con fresa dello strato per tutta la sua larghezza a alla stesa di un nuovo strato; in alternativa a quest'ultima operazione si potrà procedere all'effettuazione di altri trattamenti di irruvidimento per portare i valori deficitari almeno al di sopra della soglia di non accettabilità. Se comunque al termine di tali operazioni non si raggiungessero i valori prescritti, pur essendo i valori di CAT e HS al di sopra dei valori inaccettabili, verrà applicata la detrazione del 20% del prezzo.

31.6.1.5 Regolarità: Requisiti

La regolarità della superficie di rotolamento dei pneumatici dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Indice I.R.I. (International Roughness Index), calcolato (come definito dalla World Bank nel 1986 - The International Road Roughness Experiment) a partire dal profilo longitudinale della pavimentazione, **inferiore a 1,8 mm/m.** nel caso di intervento con strato di superficie steso su tutta la carreggiata, **inferiore a 2,0 mm/m.** nel caso di intervento limitato a una parte della carreggiata.

A discrezione della Direzione Lavori potrà essere richiesto il rilevamento dell'Indice CP (Coefficiente di Planarità), calcolato a partire dal profilo longitudinale della pavimentazione opportunamente filtrato per separare i diversi campi di lunghezze d'onda :

Campi di lunghezza D'onda	Intervento con strato di superficie steso su tutta la carreggiata	Intervento limitato a una parte della carreggiata
Fino a 2,5 m. :	CP2,5 < 80	CP2,5 < 120
Da 2,5 m. a 10 m. :	CP10 < 160	CP10 < 240
Da 10 m. a 40 m. :	CP40 < 320 (valore consigliato)	CP40 < 480 (valore consigliato)

Queste prescrizioni valgono per :

- Conglomerati Bituminosi tipo CB, CBS, CBH
- Conglomerati Bituminosi rigenerati in sito
- Conglomerati Bituminosi modificati con polimeri per viadotti (tipo CBV)
- Conglomerati Bituminosi con inerti chiari, irradiati
- Conglomerati Bituminosi tipo CB, CBS, CBH con Argilla espansa
- Conglomerati Bituminosi drenanti e drenati strutturali (tipo CBD, CBDS)

Le misure profilo longitudinale interesseranno almeno una corsia (marcia o marcia lenta), dovranno essere eseguite in un periodo di tempo compreso tra il 4° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico utilizzando l'apparecchiatura ARAN e dovranno essere effettuate con un "passo di misura" di 10 cm.

Dovrà essere rilevato almeno il 50% della lunghezza coperta da ogni singolo cantiere e le tratte da misurare (di lunghezza sempre superiore a 200 m.) potranno essere localizzate nei punti dove a giudizio della D.L. la regolarità risulti non sufficiente o dubbia.

I valori dell'indice IRI verranno calcolati con un "passo" di 20 m. a partire dal profilo longitudinale misurato; i valori degli indici CP2,5-

CP10-CP40 verranno calcolati con un "passo" di 100 m., rispettivamente per i tre campi di lunghezze d'onda sopra definiti a cui corrispondono tre profili che si ottengono filtrando il profilo misurato.

Per la VALUTAZIONE della CARATTERISTICA di REGOLARITÀ SUPERFICIALE, nel caso di utilizzo dell'indice IRI, si farà riferimento ai valori medi, ricavati dai valori puntuali (passo 20 m.), relativi a ciascuna TRATTA OMOGENEA in cui è possibile suddividere la tratta misurata; per TRATTE OMOGENEE si intendono quei tratti di pavimentazione, nei quali ricadono almeno 4 valori dell'indicatore e per cui i valori dell'indicatore sono distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale".

I valori medi di IRI ricavati per ciascuna TRATTA OMOGENEA dovranno risultare in accordo con le prescrizioni sopra riportate.

Nel caso in cui l'apparato di misura abbia rilevato l'Indice IRI su i due lati della corsia in esame è facoltà della Committente analizzare entrambe le serie di misure per poi prendere in considerazione, per il confronto con le prescrizioni sopra riportate, i valori medi di IRI relativi alle TRATTE OMOGENEE in condizioni peggiori.

Le tratte omogenee saranno individuate da un programma di calcolo collegato al programma di restituzione dei dati di regolarità.

Per la valutazione della caratteristica di regolarità superficiale, nel caso di utilizzo dell'indice CP, si farà riferimento ai tre valori CP2,5-CP10-CP40 per tratte da 100 m. di lunghezza: i valori dovranno risultare in accordo con le prescrizioni sopra riportate.

31.6.1.6 Regolarità: Penali

Qualora il valore medio di IRI, come definito in precedenza per ciascuna tratta omogenea, o uno o entrambi i valori CP2,5-CP10 per tratte da 100 m., non soddisfi le condizioni richieste, lo strato di rotolamento (quello a diretto contatto con i pneumatici) verrà penalizzato del 15% del suo costo (da calcolare prendendo a riferimento la larghezza complessiva di tale strato anche se le misure interessano una corsia), questo fino al raggiungimento di una soglia di non accettabilità appresso specificata.

I valori della soglia di non accettabilità sono :

$$\text{IRI} = 3,5 \text{ mm/m.}$$

CP2,5 = 160

CP10 = 320

Qualora il valore medio di IRI, come definito in precedenza per ciascuna tratta omogenea, o uno o entrambi i valori CP2,5 e CP10 per tratte da 100 m., sia maggiore o uguale ai valori ritenuti inaccettabili sopra elencati, l'Appaltatore dovrà procedere gratuitamente all'asportazione completa con fresa dello strato per tutta la sua larghezza a alla stesa di un nuovo strato; il nuovo strato sarà comunque soggetto alle stesse condizioni di controllo e agli stessi requisiti di regolarità precedentemente descritti.

31.6.1.7 Regolarità dei giunti: Requisiti e penali

La regolarità della superficie di rotolamento dei pneumatici in corrispondenza dei giunti di dilatazione degli impalcati da ponte dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Indice I.R.I. (International Roughness Index), calcolato (come definito dalla World Bank nel 1986 - The International Roughness Experiment) a partire dal profilo longitudinale della pavimentazione inferiore a 5,0 mm.

Le misure profilo longitudinale interessano almeno una corsia (marcia o marcia lenta) e dovranno essere eseguite in un periodo di tempo compreso tra il 15° e 180° giorno dell'apertura al traffico utilizzando l'apparecchiatura ARAN. Le misure profilo longitudinale dovranno essere effettuate con un "passo di misura" di 10 cm e i valori dell'indice IRI verranno calcolati a partire da tale profilo con un "passo" di 5 m.

Per la valutazione della caratteristica di regolarità superficiale dei giunti di dilatazione si farà riferimento ai valori dell'indice IRI nel cui intervallo di calcolo (L= 5 m.) si trova ad essere posizionato almeno un giunto; qualora tale parametro non soddisfi le condizioni richieste, il giunto di dilatazione, ricadente nel relativo intervallo di calcolo verrà penalizzato del 15% del suo costo (da calcolare prendendo a riferimento la larghezza complessiva del giunto anche se le misure interessano una corsia), questo fino al raggiungimento di una soglia di non accettabilità appresso specificata.

Il valore della soglia di non accettabilità è:

IRI = 7 mm/m.

Qualora il valore di IRI, come definito in precedenza, sia maggiore o uguale al valore ritenuto accettabile sopra specificato, si dovrà procedere gratuitamente all'asportazione completa per tutta la sua larghezza ed al rifacimento del giunto di dilatazione; il nuovo giunto sarà comunque soggetto alle stesse condizioni di controllo ed agli stessi requisiti di regolarità precedentemente descritti.

31.6.2 Controlli tradizionali: Tutti i tipi di conglomerati bituminosi

31.6.2.1 Durata a fatica

Le prove di durata a fatica (norma UNI EN 12697-24 all.E) andranno svolte su provini cilindrici da pressa giratoria (150mm) e/o ottenuti da carotaggi (stesso diametro), in genere per i conglomerati bituminosi di base; potranno essere applicate anche ad altri tipi di conglomerati chiusi.

Le prove verranno effettuate con modalità brasiliana (trazione indiretta su provino appoggiato sul fianco).

Il risultato ottenuto in termini di numero di cicli alla temperatura di controllo di 10 °C su di un primo provino, dovranno essere superiori o uguali a quelli del materiale di riferimento rappresentato da una curva $\log N / \log \sigma$ alla stessa temperatura. Se non si otterrà questo risultato sul primo provino, la prova andrà ripetuta su un secondo; se si avrà per esso un risultato negativo (inferiore al riferimento) si applicherà la penale; se positivo si effettuerà una terza prova, che darà luogo alla penale se negativa.

In tale caso lo strato oggetto di prova (ed il pacchetto che lo ricopre) verrà penalizzato del 10% del suo costo : tale costo verrà determinato utilizzando la larghezza complessiva dello strato e la lunghezza della tratta messa in opera nella giornata in cui è stato steso il conglomerato sottoposto a prova di fatica.

31.6.2.2 Caratteristiche della miscela

La non rispondenza (uno o più parametri non conformi) ai requisiti meccanici (Rt e CT), Volumetrici, Granulometrici e di Contenuto di Bitume (vedi Art. 31.2.1. e successivi) comporterà l'applicazione di una penale pari 10% del costo dello strato sottoposto a prova.

Tale costo verrà determinato utilizzando la larghezza complessiva dello strato e la lunghezza della tratta messa in opera nella giornata in cui è stato steso il conglomerato sottoposto a prova.

31.6.2.3 Posa in opera della miscela

Come specificato agli art. 31.3.5 e 31.5.2.5, la messa in opera di strati compromessi (che presentano ad esempio : anomalie di stesa o di compattazione, perdite di materiale, giunti longitudinali o giunti trasversali di ripresa mal eseguiti, aperti o sgranati) comporterà a insindacabile giudizio della Direzione Lavori, in aggiunta alla rimozione e ricostruzione a cura e spese dell'Impresa, l'applicazione di una penale pari 5% del costo dello strato.

Tale costo verrà determinato partendo dalla larghezza complessiva dello strato e dalla lunghezza della tratta messa in opera nella giornata in cui è stato steso il conglomerato che presenta compromissioni, con detrazioni proporzionali alla diffusione dei difetti.

La D.L. rileverà per tutti gli eventi di questo tipo, i seguenti dati : ubicazione, tipo di lavorazione, data di messa in opera, tipo di difetto rilevato, almeno n.2 foto digitali dei difetti, costo di riferimento per la penale.

La D.L. valuterà l'applicazione delle penali, tenendo anche presente le segnalazioni dell'Impresa, trasmesse, relative ad eventi particolari, non riconducibili a responsabilità dell'Impresa, che hanno condizionato la buona riuscita dei Lavori (ad es. : incidenti, code, ordini della P.S., etc.).

31.6.2.4 Spessori: penali

Lo spessore della pavimentazione dovrà corrispondere allo spessore di Progetto.

Esso verrà determinato su carote prelevate a questo fine (diametro 50 mm) o per altre valutazioni (diametri 100 o 150 mm). Su tali carote, prelevate casualmente dalla Direzione Lavori, in contraddittorio con l'Appaltatore, sulla superficie di pavimentazione stesa tra due scambi di carreggiata, dovranno essere effettuate almeno 30 misure eseguite con le modalità qui di seguito descritte.

Per le carote da 50 mm vengono effettuate 2 misure diametralmente opposte, mentre per quelle da 100 o da 150 mm vengono effettuate 6 misure

in corrispondenza degli estremi dei diametri presi ogni 60°. Dalla media M di tali misure si ricaverà il valore dello spessore della pavimentazione. La Direzione Lavori si riserva anche la possibilità di effettuare misure ad alto rendimento con macchine dotate di radar geotecnico, che fornirà automaticamente, con doppio passaggio, lo spessore medio della pavimentazione stesa.

L'accettazione della determinazione dello spessore della pavimentazione stesa dovrà scaturire dalle considerazioni sui principali parametri statistici relativi alla misura di grandezze fisiche qui di seguito riportati (UNI 4723-84).

Si dovrà determinare la media aritmetica M delle n misure xi, definita come la somma di tutte le osservazioni divisa per il loro numero, ed il loro scarto tipo "S", definito come la radice quadrata positiva della media (corretta) dei quadrati degli scarti di tutte le osservazioni (varianza) e fornito dall'espressione:

$$S = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \cdot \left(\sum_{i=1}^n xi^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n xi \right)^2}{n} \right)}$$

La media M delle misure dello spessore del singolo strato non dovrà essere inferiore ad un valore minimo stabilito come il 93% dello spessore di Progetto.

Singoli valori xi potranno essere inferiori a tale minimo purché lo scarto tipo S delle misure non superi il 30% della loro media, e la differenza tra il valore massimo e minimo non superi il 20% del valore medio M.

Le misure che generano uno scostamento superiore ai suddetti valori vanno eliminate dal computo e va ripetuto il calcolo della nuova media da verificare con i criteri testé indicati.

Qualsiasi insufficienza di spessore di uno strato, valutabile nel fatto che M è inferiore al 93% dello spessore di Progetto, comporterà una penalità applicata alla superficie di pavimentazione a cui si riferiscono le misure, che normalmente è quella lavorata tra due scambi di carreggiata. Nessuna penalità verrà applicata se la media M è uguale o superiore al 93% dello spessore di Progetto, tranne il caso in cui il 90% delle misure xi risultino di spessore compreso tra quello di Progetto ed

il 7% in meno dello stesso; in tale circostanza verrà applicata una detrazione del 5% al prezzo di elenco.

Per una insufficienza di spessore presentata da valori di M appartenenti agli intervalli da 7% a <10%, da 10% a <20%, da 20% a < 40% saranno effettuate riduzioni del prezzo di elenco, relativo allo strato ed alle superfici coinvolte rispettivamente del 20%, del 35% e del 50%. ogni deficienza di spessore superiore al 40% comporterà il rifacimento e/o la ricopertura gratuita.

31.7 Controlli

31.7.1 Prestazioni di controllo da parte della committente

L'attività inerente i controlli sui progetti, sulle idoneità delle miscele e sui rilievi ad Alto Rendimento, si svilupperà nel seguente modo:

PROGETTO DELLE MISCELE

- Verifica inerti (tutti)
- Verifica bitumi (tutti)
- Verifica curve di progetto delle curve di progetto anche presso i cantieri e/o per lavorazioni sperimentali (tutte).

CONTROLLO LAVORI

- Verifiche volumetriche e compositive delle miscele con frequenza giornaliera per impianto di produzione
- Verifiche sui bitumi: settimanale oppure ogni 2500 m³ di stesa
- Misure ad alto rendimento (Aderenza, regolarità ecc.): almeno un passaggio.

Tutti gli studi delle miscele riguardanti i lavori riportati nelle N.T.A. eseguiti dalle imprese esecutrici devono essere presentati alla Direzione Lavori per la verifica ed l'approvazione. L'impresa esecuttrice dei lavori di pavimentazione deve far pervenire a proprie spese, alla Direzione Lavori con congruo anticipo prima dell'inizio dei lavori, gli studi di progetto unitamente a tutti i componenti impiegati per la loro realizzazione (graniglie, sabbie, additivi, bitume ecc.).

LA Direzione Lavori provvederà ad eseguire per ciascuna miscela e su tutti i materiali presentati una serie di analisi finalizzate alla verifica dei dati progettuali e di idoneità.

Tutte le curve di progetto per i conglomerati bituminosi presentate dall'Impresa esecutrice dei lavori devono essere verificate secondo l'apparecchiatura "Pressa Giratoria" (UNI EN 12697-31/2004).

Gli aggregati lapidei ed il bitume tal quale e/o modificato impiegati nelle lavorazioni devono essere prelevati dalla Direzione Lavori in contraddittorio con l'Impresa esecutrice dei lavori ed accompagnati da dettagliati verbali di prelievo.

Le quantità di materiali che devono pervenire presso il Laboratorio indicato dalla D.L., per i conglomerati bituminosi, devono essere le seguenti:

Inerti ≤ 5 mm : 40 Kg per ogni pezzatura. (sacchi da 20 Kg)

Inerti ≥ 5 mm : 60 Kg per ogni pezzatura. (sacchi da 20 Kg)

Filler : 5 Kg

Bitume : 10 Kg

Art. 32 Strutture di sostegno e contenimento in elementi prefabbricati (omissis)

Art. 33 Impermeabilizzazione di opere d'arte (omissis)

Art. 34 Impermeabilizzazione della superficie di estradosso delle gallerie artificiali (omissis)

Art. 35 Segnaletica verticale e orizzontale

35.1 Premessa

Nel presente Capitolato Speciale sono descritte le metodologie per l'esecuzione di tutte le opere, prestazioni e forniture che si renderanno necessarie per la realizzazione della segnaletica verticale ed orizzontale sulle autostrade e loro pertinenze.

La segnaletica autostradale verticale e orizzontale, regola il traffico a seconda delle diverse condizioni ambientali e planimetriche del tracciato, anche di notte e in condizioni climatiche avverse,

contribuendo ad aumentare il livello di sicurezza e facilitando l'uso dell'infrastruttura e dei servizi da parte della clientela.

I progetti e la relativa esecuzione devono attenersi a quanto prescritto dal D. Lgs 30 aprile 1992, n° 285 (Nuovo Codice della Strada), dal D.P.R. 16 dicembre 1992, n° 495 (Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada) così come modificato dal D.P.R. 16 settembre 1996 n° 610, dalle Circolari e Decreti Ministeriali vigenti in materia, nonché a quanto previsto nelle soluzioni segnaletiche di dettaglio, ed. gennaio 1996, approvate dal Ministero dei Lavori Pubblici, Ispettorato Generale per la Circolazione e la Sicurezza Stradale, con lett. prot. n° 575 del 4 marzo 1996 (lett. n° 247.0614.00 del 14 maggio 1996), al presente Capitolato Speciale e a quanto esposto dettagliatamente nei disegni di Progetto.

35.2 Capo I - Segnaletica verticale (omissis)

35.3 Capo II - Delineatori (omissis)

35.4 Capo III - Segnaletica orizzontale

35.4.1 Segnaletica orizzontale

35.4.1.1 Premessa

La segnaletica orizzontale da utilizzare come guida ottica presente sul tracciato autostradale ed impiegante materiali con formulazioni e tipologie applicative diverse, deve rispondere a precise richieste comportamentali e prestazionali in funzione del suo posizionamento.

La classificazione per livelli applicativi indirizza all'uso preciso di materiali da utilizzare per segnaletica orizzontale le cui proprietà rispondono a differenti standard di sicurezza.

Pertanto l'impiego di un materiale viene individuato in base a determinate condizioni: nebbia, pioggia, neve, galleria, andamento planoaltimetrico del tracciato presenti nella zona in cui si deve operare.

L'Appaltatore, prima e durante i lavori, deve essere in grado di operare conoscendo i supporti su cui intervenire, i materiali da utilizzare e i macchinari con cui effettuare la messa in opera secondo quanto riportato nella Norma UNI 11154:2006.

Qualsiasi tipo di segnaletica orizzontale da realizzare deve essere conforme a quanto stabilito dal nuovo Codice della Strada Direzione Lavori n° 285 del 30/04/1992, dal Regolamento d'esecuzione e d'attuazione

del nuovo codice della strada D.P.R. n° 495 del 16/12/92, così come modificato dal D.P.R. 16 Settembre 1996 n° 610 e dai disegni esecutivi di Progetto.

35.4.1.2 Classificazione dei materiali per segnaletica orizzontale

I materiali da utilizzare per la segnaletica orizzontale sono classificati in base ai seguenti tipi:

a) Pitture:

Si suddividono in due famiglie:

1 - idropitture con microsfere di vetro postspruzzate(*);

L'idropittura è un prodotto verniciante liquido costituito da una miscela di resina e plastificanti, pigmenti e materiali riempitivi il tutto contenuto in una sospensione a base d'acqua.

2 - pitture a freddo con microsfere di vetro postspruzzate(*);

La pittura a freddo è un prodotto verniciante liquido costituito da una miscela di resine e plastificanti, da pigmenti e materiali riempitivi; il tutto disperso in diluenti e solventi idonei.

(*) Le microsfere di vetro impiegate per la postspruzzatura devono essere marcate "CE" come definito dalla norma UNI EN1423:2004.

b) Termoplastico con microsfere di vetro premiscelate e postspruzzate(*) :

Il materiale termoplastico è un prodotto verniciante costituito da una miscela di resine idrocarburiche sintetiche plastificate con olio minerale, da pigmenti ed aggregati, da microsfere di vetro premiscelate, privo di solvente e fornito in uno o più componenti applicati con attrezzature appropriate.

(*) Le microsfere di vetro impiegate per la postspruzzatura devono essere marcate "CE" come definito dalla norma UNI EN1423:2004.

c) Laminati elastoplastici (nastro stradale elastoplastico preformato)

Si suddividono in tre classi di applicazione:

1 - per applicazioni provvisorie;

2 - per applicazioni poco sollecitate;

3 - per applicazioni altamente sollecitate

35.4.1.3 Tratti antinebbia

Sui tratti autostradali individuati come "antinebbia" la linea di margine destro può avere le seguenti caratteristiche:

- lo spessore della striscia con elementi a rilievo non deve essere maggiore di 6 mm, così come descritto all'art. 141 del Regolamento di

esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada D.P.R. 16.12.1992 n.495.

- la forma, dimensioni e frequenza del rilievo deve essere come indicato nei disegni di Progetto.

35.4.1.4 Caratteristiche dei materiali

Vengono di seguito definiti i requisiti, in base a quanto previsto dalla normativa UNI EN 1436, ai quali tutti i prodotti, impiegati nei lavori di segnaletica orizzontale, devono ottemperare per tutta la loro vita utile. Valori prestazionali minori a quelli richiesti sono da considerare insufficienti a garantire il mantenimento degli standard di sicurezza previsti.

La segnaletica orizzontale deve essere efficiente subito dopo la posa in opera.

Gli standard prestazionali richiesti sono:

- Colore
- Retroriflessione (Visibilità notturna)
- Resistenza allo slittamento SRT Skid Resistance Tester (resistenza al derapaggio)
- Tempo di essiccazione

Il colore dei prodotti di segnaletica orizzontale è la sensazione cromatica percepita dall'osservatore; viene definito mediante le coordinate di cromaticità riferite al diagramma colorimetrico standard CIE (ISO/CIE 10526 - 1991).

I colori dei prodotti di segnaletica orizzontale di tipo a, b e c devono rientrare, per tutta la loro vita funzionale, all'interno delle zone determinate dalle coordinate cromatiche, rilevate secondo le metodologie di cui ai successivi articoli e riportate nella tabella seguente:

Punti d'angolo delle regioni cromatiche per i colori bianco e giallo misurati con illuminante standard D65 (ISO/CIE 10526).

Colore	Vertici				
		1	2	3	4
Bianco (materiali tipo a, b, c)	x	0.355	0,305	0.285	0.335
	y	0.355	0.305	0.325	0.375
Giallo (classe Y2) (materiali tipo a, b, c)	x	0.494	0.545	0.465	0.427
	y	0.427	0.455	0.535	0.483

Blù(°)	x	0.078	0,150	0,210	0.137
	y	0.171	0,220	0,160	0.038
Geometria di lettura: 45°/0°, illuminazione a (45°□5°) e misura a (0°□1°)					
Nota: per il giallo la classe Y2 è intesa per segnaletica provvisoria (cantieri di lunga durata)					
(°) valori definiti secondo il diagramma colorimetrico standard CIE (ISO/CIE 10526 - 1991)					

La retroriflessione della segnaletica orizzontale è determinata dall'illuminazione artificiale della segnaletica stessa e viene definita dal valore del coefficiente di luminosità retroriflessa.

Il valore minimo del coefficiente di luminosità retroriflessa in condizioni di superficie stradale asciutta (R_L) - rilevato secondo la metodologia UNI EN 1436 di cui ai successivi articoli e che dev'essere garantito per l'intera durata della vita utile della segnaletica orizzontale - è riportato nella successiva tabella in base al tipo di materiale e di colore:

Tipo di materiale e colore		Valore minimo R _L (mcd·m ⁻² ·lx ⁻¹)
a,b	Bianco	150
a,b(classe Y2)	Giallo	150
c	Bianco	300
c (classe Y2)	Giallo	150
Nota: per il giallo la classe Y2 è intesa per segnaletica provvisoria (cantieri di lunga durata)		

La segnaletica orizzontale deve possedere nelle sue caratteristiche una resistenza al derapaggio creato dalla interazione tra il pneumatico ed il prodotto segnaletico in condizioni sfavorevoli.

Il valore minimo, rilevato secondo le metodologie di cui ai successivi articoli, deve essere per i prodotti di segnaletica orizzontale di tipo a, b e c e per tutta la loro vita funzionale di:

Classe	Valore SRT minimo
S1	SRT ≥45
Nota: SRT (British portable Skid Resistance Tester).	

Il tempo di essiccazione rilevato secondo le metodologie di cui al successivo articolo, deve rientrare nei tempi di seguito indicati.

Per le pitture il materiale da utilizzare per segnaletica orizzontale applicato sulla superficie autostradale (manto bituminoso, manto bituminoso drenante, manto in conglomerato cementizio), alla temperatura dell'aria compresa tra +10°C e +40°C ed umidità relativa non superiore al 70% deve asciugarsi entro 15 minuti dall'applicazione.

Trascorso tale periodo di tempo il materiale da utilizzare per segnaletica orizzontale non deve sporcare o scolorire sotto l'azione delle ruote gommate degli autoveicoli in transito.

Le idropitture devono essere impiegate con una temperatura dell'aria superiore a 10° e con un umidità relativa inferiore a 80%.

Il materiale da utilizzare per segnaletica orizzontale applicato sulla superficie autostradale (manto bituminoso, manto bituminoso drenante, manto in conglomerato cementizio), alla temperatura dell'aria compresa tra +10°C e +40°C ed umidità relativa non superiore al 70% deve solidificarsi entro 30 secondi per lo spruzzato ed entro 180/240 secondi per l'estruso dall'applicazione.

Trascorso tale periodo di tempo il materiale da utilizzare per segnaletica orizzontale non deve sporcare o scolorire sotto l'azione delle ruote gommate degli autoveicoli in transito.

In presenza di superfici umide e/o con umidità relativa superiore al 70%, a discrezione della Direzione Lavori e/o per motivi di sicurezza del traffico, l'applicazione della segnaletica deve essere preceduta da una fase d'asciugatura della pavimentazione (termoriscaldatura) al fine di garantire una perfetta adesione del prodotto.

Prefabbricato conformabile (laminato elastoplastico)

La completa essiccazione del primer, al fine di facilitare l'adesione del prodotto alla pavimentazione, deve avvenire entro 15 minuti dall'applicazione.

Dopo la rullatura i laminati devono essere trafficabili.

Prefabbricati conformabili (laminato elastoplastico)

La striscia laminata deve essere costituita da laminati elastoplastici, autoadesivi costituiti da polimeri d'alta qualità, contenenti microgranuli di materiale speciale ad alto potere antisdrucchiolo, di pigmenti stabili nel tempo e con microsferi di vetro o di ceramica con ottime caratteristiche di rifrazione ed ad elevata resistenza all'usura.

Devono essere inoltre impermeabili, idrorepellenti, antiderapanti, resistenti alle soluzioni saline, alle escursioni termiche, all'abrasione e non deve scolorire al sole.

I laminati devono essere facilmente applicabili su qualunque tipo di superficie: manto bituminoso, manto bituminoso drenante, manto in conglomerato cementizio

La scelta del laminato, tipo C2 o C3, incassato su pavimentazione nuova o applicato su pavimentazioni esistenti, deve essere effettuata in base alla vita funzionale prevista del manto bituminoso. Potranno essere posti in opera mediante i procedimenti seguenti:

- incassandoli in pavimentazioni nuove ad addensamento non ancora completamente ultimato e con temperatura compresa tra i 50° e i 70°.
- potrà essere effettuata, se ordinata dalla Direzione Lavori, anche su pavimentazioni realizzate già da tempo, riscaldando la superficie d'incasso con idonea attrezzatura munita di lampade a raggi infrarossi in grado di riscaldare il supporto alle temperature sopra indicate.

(L'incasso in entrambi i modi deve essere realizzato con l'impiego di un rullo costipatore, a ruote metalliche, d'adeguato peso e dimensioni accettato dalla Direzione Lavori).

- su pavimentazioni esistenti, preventivamente pulite, utilizzando del primer per facilitarne l'adesione. Prima di applicare il laminato il primer deve essere completamente essiccato. Dopo l'applicazione deve essere pressato con l'impiego di un rullo costipatore, a ruote metalliche, d'adeguato peso e dimensioni accettato dalla Direzione Lavori.

L'applicazione dei laminati deve avvenire con l'impiego d'idonea attrezzatura, approvata dalla Direzione Lavori, automatica e semovente dotata di puntatore regolabile, rulli di trascinamento del laminato e lame da taglio comandate automaticamente.

Le frecce, le lettere e le zebrature saranno posate manualmente e successivamente sottoposte a rullatura.

35.4.1.5 Controlli standard prestazionali dei materiali

I controlli previsti degli standard prestazionali dei materiali, devono essere effettuati al fine di verificare il mantenimento dei valori richiesti per tutta la vita funzionale.

Tali verifiche saranno effettuate tutte le volte che la Committente lo riterrà opportuno.

Queste devono avvenire in contraddittorio con l'Appaltatore, qualora questo non si presenti, l'avvenuto prelievo o verifica sarà comunicata dal Direttore dei Lavori all'Appaltatore stesso successivamente con espressa scrittura che indichi i termini di riferimento del luogo in cui è stata effettuata la prova.

Le prove a cui saranno sottoposti i prodotti saranno eseguite in cantiere con strumentazioni portatili in sito ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori e riguarderanno:

- Colore
- Retroriflessione
- Resistenza al derapaggio

I controlli delle coordinate cromatiche verranno eseguiti, come previsto dall'allegato C della UNI EN 1436, con uno strumento dotato di una sorgente luminosa avente una distribuzione spettrale del tipo D65, come definito dalla norma ISO/CIE 10526.

La configurazione geometrica di misura da impiegare deve essere la 45/0, con un angolo di illuminazione di $45^{\circ} \pm 5^{\circ}$ e un angolo di osservazione di $0^{\circ} \pm 10^{\circ}$.

Gli angoli si intendono misurati rispetto alla normale alla superficie della segnaletica.

La superficie minima misurata deve essere di 5 cm^2 .

Per delle superfici molto rugose, la superficie di misurazione deve essere superiore a 5 cm^2 , ad esempio 25 cm^2 .

Il valore delle coordinate tricromatiche deve essere determinato, in funzione della tipologia della segnaletica e più precisamente:

a) linee longitudinali

deve risultare dalla media di tre sondaggi eseguiti nel tratto scelto per il controllo; in ogni sondaggio devono essere effettuate minimo tre letture dei valori delle coordinate cromatiche.

b) simboli

per ogni simbolo, il valore delle coordinate tricromatiche, sarà dato dalla media di cinque letture.

c) lettere

per ogni lettera, il valore delle coordinate tricromatiche, sarà dato dalla media di tre letture.

d) linee trasversali

per ogni striscia trasversale, il valore delle coordinate tricromatiche, sarà dato dalla media di cinque letture.

I controlli dei valori di retroriflessione verranno eseguiti con apparecchi che utilizzino la geometria stabilita dalla UNI EN 1436 allegato B, con le seguenti principali caratteristiche:

- angolo di osservazione $\alpha = 2,29^\circ$;
- altezza osservatore rispetto al piano stradale 1,2 m
- altezza proiettori rispetto dal piano stradale 0,65 m
- superficie minima di misurazione 50 cm²;
- angolo di illuminazione $\varepsilon = 1,24^\circ$;
- distanza visiva simulata 30 m;
- illuminante A analoga a quella definita dalla ISO/CIE 10526;

Il valore di retroriflessione deve essere determinato, in funzione della tipologia della segnaletica e delle condizioni della superficie stradale come previsto nella UNI EN 1436 allegato B e più precisamente:

a) linee longitudinali

deve risultare dalla media di tre sondaggi eseguiti nel tratto scelto per il controllo (tratto riferito ai rapportini giornalieri e/o ordinativi di lavoro).

In ogni sondaggio devono essere effettuate minimo dieci letture dei valori di retroriflessione.

b) simboli

per ogni simbolo, il valore di retroriflessione, sarà dato dalla media di dieci letture.

c) lettere

per ogni lettera, il valore di retroriflessione, sarà dato dalla media di tre letture.

d) strisce trasversali

per ogni striscia trasversale, il valore di retroriflessione, sarà dato dalla media di dieci letture.

I controlli dei valori di resistenza al derapaggio verranno eseguiti con l'apparecchio "Skid Resistance Tester ", come previsto nella UNI EN 1436 allegato D, consistente in un pendolo oscillante accoppiato ad un cursore di gomma nella sua estremità libera.

Lo strumento in oggetto rileva la perdita di energia del pendolo, causata dalla frizione del cursore in gomma su una data area del segnale orizzontale, con risultato espresso in unità SRT.

Il valore di resistenza al derapaggio sarà dato dalla media di cinque letture eseguite in ogni singolo punto scelto, nel tratto riferito ai rapportini giornalieri, se i valori rilevati non differiscono di più di tre unità; altrimenti devono essere effettuate misure successive finché si otterranno cinque valori che non differiscono di più di tre unità.

35.4.1.6 Esecuzione dei lavori

La posa del materiale dipende dal tipo di prodotto da applicare al quale è associato una specifica attrezzatura. Per il controllo qualità dell'applicazione dei prodotti si deve fare riferimento alla UNI 11154:2006.

Le superfici interessate dalla segnaletica orizzontale devono essere accuratamente pulite in modo da essere liberate da ogni impurità in grado di nuocere all'adesione dei materiali impiegati. E' vietata l'eliminazione di tracce di olio o grasso a mezzo di solventi.

L'applicazione dei materiali deve avvenire su superfici asciutte e deve essere effettuata, con mezzi meccanici idonei cercando inoltre di ridurre al minimo l'ingombro della carreggiata e quindi le limitazioni da imporre alla circolazione.

La posa in opera dei materiali per segnaletica orizzontale deve essere eseguita secondo i tracciati, le figure e le scritte preesistenti o stabiliti negli elaborati progettuali.

Comunque l'Appaltatore è tenuto a propria cura e spese, ad effettuare la rimozione ed il rifacimento della segnaletica giudicata non regolarmente eseguita anche per quanto concerne la sua geometria (dimensioni, intervalli, allineamenti ecc.).

I materiali dovranno avere un potere coprente uniforme e tale da non far trasparire, in nessun caso, il colore della sottostante pavimentazione.

35.4.1.7 Penali

Qualora i risultati delle certificazioni relativi sia alla qualità che alla posa in opera dei materiali, ottenuti dalle prove predisposte, non fossero rispondenti a quanto prescritto dal presente Capitolato Speciale dovranno essere applicati i seguenti provvedimenti:

a) certificazione di qualità

I materiali non conformi a quanto richiesto nelle presenti Norme, non saranno accettati.

b) prodotti non approvati

l'uso di prodotti non approvati dalla Committente comporterà il non pagamento dei lavori eseguiti.

c) vita utile della segnaletica orizzontale

durante il periodo della vita utile della segnaletica orizzontale, l'Appaltatore dovrà provvedere, a sua cura e spese, a tutti i ripristini e rifacimenti che si dovessero rendere necessari a causa della carenza, anche di una sola, delle caratteristiche prestazionali richieste, come indicato nelle presenti Norme.

Art. 36 *Sistemi antirumore (omissis)*

Art. 37 *Barriere di sicurezza*

Premessa

I progetti e le relative esecuzioni devono attenersi rigorosamente a quanto prescritto:

- dal Decreto Ministeriale dei Lavori Pubblici n. 223 del 18 febbraio 1992 recante istruzioni tecniche per la progettazione l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza;
- dal decreto ministeriale 15 ottobre 1996, con il quale sono state aggiornate le istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza
- dal decreto ministeriale 3 giugno 1998, con il quale sono state nuovamente aggiornate le istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza
- dal decreto ministeriale 11 giugno 1999, con il quale sono state integrate e modificate alcune disposizioni di carattere amministrativo del decreto 3 giugno 1998 ed apportati alcuni aggiornamenti tecnici a talune disposizioni delle allegate istruzioni;
- dal decreto ministeriale 2 agosto 2001, con il quale e' stato modificato il termine di due anni previsto dall'art. 3 del decreto 11 giugno 1999 per l'acquisto dell'efficacia operativa delle istruzioni tecniche allegate al decreto 3 giugno 1998, con quello di un anno dalla pubblicazione del medesimo decreto 2 agosto 2001;
- dal decreto ministeriale 23 dicembre 2002, n. 3639, con il quale e' stato ulteriormente modificato il termine annuale previsto dal citato

decreto 2 agosto 2001, con quello di un anno dalla pubblicazione del medesimo decreto 23 dicembre 2002;

- dalla direttiva n. 89/106/CEE, e successive modificazioni, relativa al ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri concernenti i prodotti da costruzione; Vista la norma UNI EN 1317, parte 1, del maggio 2000, inerente «Terminologia e criteri generali per i metodi di prova» per le barriere di sicurezza stradale;
- dalla norma UNI EN 1317, parte 2, dell'aprile 1998, inerente «Classi di prestazione, criteri di accettazione delle prove d'urto e metodi di prova per le barriere di sicurezza»;
- dalla norma UNI EN 1317, parte 3, del gennaio 2002, inerente «Classi di prestazione, criteri di accettabilita' basati sulle prove di impatto e metodi di prova per attenuatori d'urto»;
- dalla norma UNI EN 1317, parte 4, del maggio 2003, inerente «Classi di prestazione, criteri di accettazione per la prova d'urto e metodi di prova per terminali e transizioni delle barriere di sicurezza»;
- dal decreto n° 2367 del 21 giugno 2004 "Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale".

Le barriere ed i dispositivi, a seconda della loro destinazione ed ubicazione, devono corrispondere a quanto prescritto nelle "Istruzioni Tecniche" allegate al Decreto sopracitato.

Le protezioni dovranno essere realizzate secondo quanto previsto dal Progetto e con dispositivi che abbiano conseguito il "Certificato d'omologazione" rilasciato dal Ministero dei Lavori Pubblici-Ispettorato Generale per la Circolazione e la Sicurezza Stradale.

Gli interventi compreso quelli relativi alle barriere amovibili, nonostante la mobilità del sistema, avranno le caratteristiche dell'impianto di tipo "definitivo" per cui il materiale impiegato, in particolare per le barriere metalliche, dovrà essere esclusivamente di nuova produzione.

A seconda della loro destinazione ed ubicazione, le barriere e gli altri dispositivi si dividono nei seguenti tipi:

- a) barriere centrali da spartitraffico;
- b) barriere laterali;

c) barriere per opere d'arte, quali ponti, viadotti, sottovia, muri, ecc.;

d) barriere o dispositivi per punti singolari, quali barriere per chiusura varchi, attenuatori d'urto per ostacoli fissi, letti di arresto o simili, terminali speciali, dispositivi per zone di approccio ad opere d'arte, dispositivi per zone di transizione e simili.

37.1.1.1 Finalita' dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali

Le barriere di sicurezza stradale e gli altri dispositivi di ritenuta sono posti in opera essenzialmente al fine di realizzare per gli utenti della strada e per gli esterni eventualmente presenti, accettabili condizioni di sicurezza in rapporto alla configurazione della strada, garantendo, entro certi limiti, il contenimento dei veicoli che dovessero tendere alla fuoriuscita dalla carreggiata stradale. Le barriere di sicurezza stradale e gli altri dispositivi di ritenuta devono quindi essere idonei ad assorbire parte dell'energia di cui e' dotato il veicolo in movimento, limitando contemporaneamente gli effetti d'urto sui passeggeri.

37.1.1.2 Individuazione delle zone da proteggere

Le zone da proteggere per le finalita' di cui all'art. 37.1.1.1, definite, come previsto dal decreto ministeriale 18 febbraio 1992, n. 223, e successivi aggiornamenti e modifiche, dal progettista della sistemazione dei dispositivi di ritenuta, devono riguardare almeno: i margini di tutte le opere d'arte all'aperto quali ponti, viadotti, ponticelli, sovrappassi e muri di sostegno della carreggiata, indipendentemente dalla loro estensione longitudinale e dall'altezza dal piano di campagna; la protezione dovra' estendersi opportunamente oltre lo sviluppo longitudinale strettamente corrispondente all'opera sino a raggiungere punti (prima e dopo l'opera) per i quali possa essere ragionevolmente ritenuto che il comportamento delle barriere in opera sia paragonabile a quello delle barriere sottoposte a prova d'urto e comunque fino a dove cessi la sussistenza delle condizioni che richiedono la protezione; lo spartitraffico ove presente; il margine laterale stradale nelle sezioni in rilevato dove il dislivello tra il colmo dell'arginello ed il piano di campagna e' maggiore o uguale a 1 m; la protezione e' necessaria per tutte le scarpate aventi pendenza maggiore o uguale a 2/3. Nei casi in cui la pendenza della scarpata sia inferiore a 2/3, la necessita' di protezione dipende dalla combinazione della pendenza e

dell'altezza della scarpata, tenendo conto delle situazioni di potenziale pericolosità a valle della scarpata (presenza di edifici, strade, ferrovie, depositi di materiale pericoloso o simili): gli ostacoli fissi (frontali o laterali) che potrebbero costituire un pericolo per gli utenti della strada in caso di urto, quali pile di ponti, rocce affioranti, opere di drenaggio non attraversabili, alberature, pali di illuminazione e supporti per segnaletica non cedevoli, corsi d'acqua, ecc, ed i manufatti, quali edifici pubblici o privati, scuole, ospedali, ecc, che in caso di fuoriuscita o urto dei veicoli potrebbero subire danni comportando quindi pericolo anche per i non utenti della strada. Occorre proteggere i suddetti ostacoli e manufatti nel caso in cui non sia possibile o conveniente la loro rimozione e si trovino ad una distanza dal ciglio esterno della carreggiata, inferiore ad una opportuna distanza di sicurezza; tale distanza varia in funzione dei seguenti parametri: velocità di Progetto, volume di traffico, raggio di curvatura dell'asse stradale, pendenza della scarpata, pericolosità dell'ostacolo. Le protezioni dovranno in ogni caso essere effettuate per una estensione almeno pari a quella indicata nel certificato di omologazione, ponendone circa due terzi prima dell'ostacolo, integrando lo stesso dispositivo con eventuali ancoraggi e con i terminali semplici indicati nel certificato di omologazione, salvo diversa prescrizione del progettista.

Le barriere di sicurezza dovranno avere la lunghezza minima di cui sopra, escludendo dal computo della stessa i terminali semplici o speciali, sia in ingresso che in uscita. Laddove non sia possibile installare un dispositivo con una lunghezza minima pari a quella effettivamente testata (per esempio ponti o ponticelli aventi lunghezze in alcuni casi sensibilmente inferiori all'estensione minima del dispositivo), sarà possibile installare una estensione di dispositivo inferiore a quella effettivamente testata, provvedendo però a raggiungere la estensione minima attraverso un dispositivo diverso (per esempio testato con pali infissi nel terreno), ma di pari classe di contenimento (o di classe ridotta - H3 nel caso di affiancamento a barriere bordo ponte di classe H4) garantendo inoltre la continuità strutturale. L'estensione minima che il tratto di dispositivo «misto» dovrà raggiungere sarà costituita dalla maggiore delle lunghezze prescritte nelle omologazioni dei due tipi di dispositivo da impiegare.

In particolare, ove possibile, per le protezioni isolate di ostacoli fissi, all'inizio dei tratti del dispositivo di sicurezza, potranno essere utilizzate integrazioni di terminali speciali appositamente testati. Per la protezione degli ostacoli frontali dovranno essere usati attenuatori d'urto, salvo diversa prescrizione del progettista.

37.1.1.3 Conformita' dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali e loro installazione

Tutti i componenti di un dispositivo di ritenuta devono avere adeguata durabilita' mantenendo i loro requisiti prestazionali nel tempo sotto l'influenza di tutte le azioni prevedibili. Per la produzione di serie delle barriere di sicurezza e degli altri dispositivi di ritenuta, i materiali ed i componenti dovranno avere le caratteristiche costruttive descritte nel Progetto del prototipo allegato ai certificati di omologazione, nei limiti delle tolleranze previste dalle norme vigenti o dal progettista del dispositivo all'atto della richiesta di omologazione. All'atto dell'impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali, le caratteristiche costitutive dei materiali impiegati dovranno essere certificate mediante prove di laboratorio. Dovranno inoltre essere allegate le corrispondenti dichiarazioni di conformita' dei produttori alle relative specifiche tecniche di prodotto. Le barriere e gli altri dispositivi di ritenuta omologati ed installati su strada dovranno essere identificati attraverso opportuno contrassegno, da apporre sulla barriera (almeno uno ogni 100 metri di installazione) o sul dispositivo, e riportante la denominazione della barriera o del dispositivo omologato, il numero di omologazione ed il nome del produttore. Una volta conseguita l'armonizzazione della norma EN 1317 e divenuta obbligatoria la marcatura CE, le informazioni da apporre sul contrassegno saranno quelle previste nella stessa norma EN 1317, parte 5. Nell'installazione sono tollerate piccole variazioni, rispetto a quanto indicato nei certificati di omologazione, conseguenti alla natura del terreno di supporto o alla morfologia della strada (ad esempio: infissione ridotta di qualche paletto o tirafondo; inserimento di parte dei paletti in conglomerati cementizi di canalette; eliminazione di supporti localizzati conseguente alla coincidente presenza di caditoie per l'acqua o simili). Altre variazioni di maggior entita' e comunque limitate esclusivamente alle modalita' di ancoraggio del dispositivo di supporto sono possibili solo se previste in Progetto, come riportato nell'art. 6. Alla fine della posa

in opera dei dispositivi, dovrà essere effettuata una verifica in contraddittorio da parte della ditta installatrice, nella persona del suo Responsabile Tecnico, e da parte del committente, nella persona del direttore lavori anche in riferimento ai materiali costituenti il dispositivo. Tale verifica dovrà risultare da un certificato di corretta posa in opera sottoscritto.

37.1.1.4 Documentazione "as built" da presentare al termine dei lavori

Con nota prot. 5079 del 22.11.2006, l'Anas ha definito la documentazione da presentare a fine lavori per l'ottenimento dell'agibilità della strada:

Item	Descrizione	Tipologia elaborati	Tipologia della strada	
			Vp < 70 km/h	Vp >= 70 km/h
A	Relazione motivata sulle scelte DM 223/92, art. 2, comma 1	- Relazione Generale barriere	Non prevista	A cura di: Progettista
B	Tipi delle barriere di sicurezza da adottare, la loro ubicazione e le opere complementari connesse (fondazione, supporti, dispositivi di smaltimento delle acque, ecc.), nell'ambito della sicurezza stradale DM 223/92, art. 2, comma 1	- Planimetria - Tipologici e particolari	A cura di: Progettista	A cura di: Progettista
C	Caratteristiche prestazionali dei dispositivi e in particolare la tipologia, la classe, il livello di contenimento, l'indice di severità, i materiali, le dimensioni, il peso massimo, i vincoli, la larghezza di lavoro, ecc., tenendo conto della loro congruenza con, il tipo di supporto, il tipo di strada, le manovre ed il traffico prevedibile su di essa e le condizioni geometriche esistenti DM 2367, art.6	- Tipologici e particolari	A cura di: Progettista	A cura di: Progettista
D	Specifici disegni esecutivi e relazioni di calcolo per l'adattamento dei singoli dispositivi omologati o per i quali siano stati redatti rapporti di prova, alla sede stradale, con riferimento ai terreni di supporto, ai sistemi di fondazione, allo smaltimento delle acque, alle zone di approccio e di transizione DM 2367, art. 6	- Relazione di calcolo - Disegni esecutivi	A cura di: Appaltatore Approvato da: Direttore Lavori	A cura di: Appaltatore Approvato da: Direttore Lavori
E	Planimetrie as built con indicazione delle tipologie ed estesa delle medesime Nota ANAS prot. 5079	- Planimetria	A cura di: Appaltatore Sottoscritto da: Direttore Lavori	A cura di: Appaltatore Sottoscritto da: Direttore Lavori
F	Elaborato redatto in caso siano intervenute variazioni rispetto al progetto/perizia nel quale vengono giustificate le tipologie di barriere adottate e si riporti il calcolo delle stesse in special modo per quelle ubicate nei punti singolari (zone di transizione tra barriere di tipo diverso, barriere in corrispondenza di ostacoli fissi, ecc). Nota ANAS prot. 5079	Elaborati previsti agli Item A, B, C, D e E	A cura di: Progettista (Item A, B e C) A cura di: Appaltatore (Item D e E)	A cura di: Progettista (Item A, B e C) A cura di: Appaltatore (Item D e E)

Poiché è evidente che l'inviluppo della documentazione prevista dalla norma e richiesta dall'Anas nella nota citata non può essere prodotto nella vera e propria fase progettuale ma, almeno in parte (curare con specifici disegni esecutivi e relazioni di calcolo l'adattamento dei singoli dispositivi, progettare le transizioni, ..., produrre elaborati "as built", ...) dovrà essere elaborato dopo la scelta dei dispositivi di cui si prevede l'impiego e dopo la fase esecutiva dei lavori (fasi entrambe a cura dell'Appaltatore), l'Appaltatore si impegna a produrre

tutta la documentazione di propria competenza come definita nella tabella sopra riportata, fornendo gli elaborati firmati da Tecnico abilitato.

Barriere metalliche

37.1.2 Accettazione dei materiali

I produttori dei dispositivi omologati devono essere specializzati e certificati in qualità aziendale secondo le norme UNI EN ISO 9001.

I materiali componenti, i suddetti dispositivi omologati dovranno avere le caratteristiche costitutive descritte nella documentazione presentata per l'omologazione e dovranno essere realizzati con le stesse caratteristiche di cui sopra, risultanti da una dichiarazione di conformità di produzione che nel caso di barriere con componentistica di più origini, dovrà riguardare ogni singolo componente strutturale.

Tale dichiarazione dovrà essere emessa dall'Appaltatore e controfirmata dal Direttore Tecnico della Ditta Produttrice a garanzia della rispondenza del prodotto ai requisiti di cui al "Certificato d'omologazione".

Questa dichiarazione dovrà essere associata, a seconda dei casi, alle altre attestazioni previste dalla normativa vigente in termini di controllo di qualità ed altro. L'accettazione di tutti i materiali sarà regolata, inoltre, anche dalle norme descritte nei successivi articoli.

In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori; ciò stante l'Appaltatore resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto possa dipendere dalla qualità dei materiali stessi.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di svolgere ispezioni in officina per constatare la rispondenza dei materiali impiegati alle attestazioni nonché la regolarità delle lavorazioni.

La qualità dei materiali sarà verificata tutte le volte che la Direzione Lavori lo riterrà opportuno.

37.1.3 Qualità dei materiali

1) Caratteristiche dell'acciaio.

L'acciaio impiegato per le barriere dovrà essere esente da difetti come bolle di fusione e scalfitture e di tipo extra, per qualità, spessori e finiture. La qualità deve essere di tipo UNI EN 10025 - S275 JR, o di qualità UNI EN 10025 - S235.

L'acciaio impiegato per la costruzione degli elementi metallici dovrà avere inoltre attitudine alla zincatura, secondo quanto previsto dalle Norme NF A 35-303 : 1994 - Classe 1.

Per ogni partita di materiale impiegato, l'Appaltatore dovrà presentare un attestato di qualità dell'acciaio rilasciato dalla ferriera di provenienza e sottoscritto dal legale rappresentante del fornitore.

2) Tolleranze dimensionali.

Nella costruzione dei profilati d'acciaio formati a freddo si dovranno rispettare le prescrizioni e le tolleranze previste dalle norme UNI 7344. Per le tolleranze di spessore, si riterranno validi i valori riportati di seguito:

Lamiere o nastri fino a 3,50 mm - Tolleranza di spessore ammessa $\pm 0,05$ mm;

Lamiere o nastri da 3,50 mm a 7,00 mm - Tolleranza di spessore ammessa $\pm 0,10$ mm;

Lamiere o nastri oltre 7,50 mm - Tolleranza di spessore ammessa $\pm 0,15$ mm.

3) Unioni bullonate.

La bulloneria impiegata dovrà essere della classe 8.8 UNI EN 20898.

4) Unioni saldate.

I collegamenti tra elementi metallici da effettuarsi mediante saldatura dovranno essere del tipo a penetrazione ed effettuati nel rispetto dell'articolo 2.5 delle norme CNR UNI 10011. In particolare l'Appaltatore, qualora non espressamente descritto nei disegni di Progetto, dovrà rispettare le Norme sopra richiamate, tenendo presente di volta in volta, le caratteristiche generali e particolari delle saldature stesse, ivi compresi, qualità e spessori dei materiali, procedimenti, tipi di giunto e classi di saldatura.

5) Zincatura.

Il rivestimento delle superfici dei profilati a freddo sarà ottenuto con zincatura a bagno caldo il quale dovrà presentarsi uniforme, perfettamente aderente, senza macchie, secondo le norme UNI EN ISO 1461. Le quantità minime di rivestimento di zinco per unità di superficie sono riportate nel prospetto D.1 della suddetta Norma.

Lo zinco impiegato per i rivestimenti dovrà essere di qualità Zn 99,95.

6) Caratteristiche della rete e dei fili metallici.

La rete, utilizzata a complemento dei parapetti metallici, sarà realizzata con fili d'acciaio crudo, con resistenza minima unitaria di rottura di 55 kg/mm², mentre i fili di legatura saranno in acciaio dolce. La rete e i fili saranno zincati a caldo secondo le caratteristiche della classe P (zincatura pesante). In particolare la quantità minima accettabile della massa di zinco dovrà essere di 230 g/m².

Il rivestimento protettivo della rete e dei fili sarà costituito da zinco di qualità Zn 99,95, oppure da una lega eutettica di zinco ed alluminio. In questo caso la percentuale d'alluminio presente nella lega non dovrà superare il 5%.

37.1.4 Modalità d'esecuzione

37.1.4.1 Barriere infisse a bordo laterale e spartitraffico

La barriera sarà posizionata sul margine esterno* o in spartitraffico* in modo che il filo dell'onda superiore del nastro cada in corrispondenza del ciglio della piattaforma stradale*¹⁶.

I nastri saranno collegati fra di loro ed ai sostegni mediante bulloni con esclusione di saldature; il collegamento tra i nastri sarà fatto tenendo conto del senso di marcia in maniera che ogni elemento sia sovrapposto al successivo per evitare risalti contro la direzione del traffico.

Il serraggio dei bulloni potrà avvenire anche con chiave pneumatica purché sia assicurata una coppia finale di almeno 10 kg•m da verificare con chiave dinamometrica su un proporzionato numero di bulloni.

Sul bordo superiore dei nastri saranno applicati dei delineatori con elementi rifrangenti segnalimite, i quali dovranno essere preventivamente omologati secondo le norme vigenti ed accettati dalla Direzione Lavori.

Saranno costituiti da un supporto in lamiera e da catadiottri in metacrilato di colore arancione, composti da un catadiottero, quelli da porre in destra al senso di marcia, da due catadiottri sovrapposti quelli da porre in sinistra.

I suddetti saranno applicati alle barriere mediante sistemi a morsetto senza interessare la bulloneria delle stesse.

Per la viabilità ordinaria saranno invece utilizzati quelli di tipo bifacciale bianco/rosso con caratteristiche simili ai precedenti.

* Come definiti dal DM 05.11.2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade"

I sostegni saranno infissi con idonea attrezzatura vibrante o a percussione fino alla profondità necessaria per il rispetto della quota stabilita, avendo cura di non deformare la testa del sostegno ed ottenere l'assoluta verticalità finale, facendo in modo che le alette del sostegno siano posizionate in senso contrario a quello del traffico.

Quando per la presenza di trovanti o eccessiva consistenza del terreno non risulti possibile l'infissione, sarà ammesso il taglio della parte eccedente del sostegno e la formazione in sito del nuovo foro di collegamento, sempreché la parte infissa risulti superiore a 50 cm, senza riconoscere all'Appaltatore alcun compenso.

Qualora il rifiuto interessi più sostegni contigui, l'Appaltatore è tenuto a sospendere l'infissione e avvertire tempestivamente la Direzione Lavori perché questa possa assumere le decisioni circa i criteri d'ancoraggio da adottare.

Le cavità eventualmente formatisi alla base dei sostegni dopo l'infissione, a seconda della natura della sede, dovranno essere intasate con materiale inerte costipato o chiuse con malte di cemento.

In caso di carenza di vincolo od altre particolari situazioni, la Direzione Lavori potrà richiedere l'adozione d'adequate opere di rinforzo.

Lungo il tracciato della barriera possono esistere cavi elettrici, telefonici e altri, per cui l'Appaltatore è tenuto a chiedere agli Enti interessati, in accordo con la Direzione Lavori, le necessarie indicazioni per la loro individuazione ed operare con le dovute cautele.

In ogni caso eventuali danni arrecati agli impianti predetti ed eventuali oneri per l'individuazione dei cavi stessi sono totalmente a carico dell'Appaltatore restando la Committente sollevata da ogni responsabilità ed onere conseguente.

Sono a carico dell'Appaltatore le eventuali riprese d'allineamento e rimessa in quota delle barriere per il periodo sino al collaudo ancorché ciò dipenda da limitati cedimenti della sede stradale e la ripresa possa essere eseguita operando sulle tolleranze dei fori di collegamento.

Dovrà inoltre essere resa una dichiarazione di conformità d'installazione da parte dell'Appaltatore, controfirmata dal Direttore Tecnico dell'eventuale Appaltatore Installatrice che garantirà la rispondenza dell'eseguito alle prescrizioni tecniche descritte nel "Certificato d'omologazione".

Questa dichiarazione dovrà essere associata alle altre attestazioni previste dalla normativa vigente in termini di controllo qualità ed altro.

Nel caso di sostituzione di barriera esistente, l'eventuale smontaggio dovrà essere effettuato con cura senza causare rotture o danni. Eventuali danni o perdite saranno imputate all'Appaltatore.

Le banchine in terra e le cunette in calcestruzzo, sede dei montanti estratti, dovranno essere perfettamente ripristinate ed ogni detrito o materiale di scarto trasportato a rifiuto a cura e spese dell'Appaltatore.

Il materiale metallico rimosso rimane di proprietà della Committente e dovrà essere trasportato ed accatastato presso i depositi o portato a discarica, secondo quanto indicato dalla Direzione Lavori, sempre a cura e spese dell'Appaltatore.

Alla rimozione dovrà seguire prontamente il montaggio delle nuove barriere in modo da non lasciare tratti d'autostrada senza protezione.

37.1.4.2 Barriere per opere d'arte

La posa in opera delle barriere sulle opere d'arte sarà effettuata mediante montanti con piastra, fissati con tasselli o per mezzo di tirafondi nel cordolo di calcestruzzo.

La barriera sarà posizionata sul cordolo in calcestruzzo in modo che il filo dell'onda superiore del nastro cada a filo cordolo, in corrispondenza del ciglio della piattaforma stradale*¹⁷.

In caso di presenza di traffico l'Appaltatore dovrà adottare tutti i sistemi e le precauzioni per evitare sia interruzioni nel transito dei veicoli che la caduta d'oggetti e materiali.

Nel caso di sostituzione di barriera esistente, ai lavori di smontaggio dovranno seguire, nel tempo strettamente necessario, i lavori d'installazione in modo da non lasciare parti di parapetto prive di protezione.

Il materiale metallico rimosso rimane di proprietà della Committente e dovrà essere trasportato ed accatastato presso i depositi o portati a discarica, secondo quanto indicato dalla Direzione Lavori, sempre a cura e spese dell'Appaltatore.

* Come definiti dal DM 05.11.2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade"

37.1.4.3 Barriere mobili per chiusura varchi dello spartitraffico centrale

I varchi presenti nello spartitraffico - nei casi in cui debbano essere dotati di barriera di sicurezza - possono prevedere due tipi di dispositivo:

- barriere amovibili con attrezzature di sollevamento (tipo NJ in calcestruzzo), per varchi di tipo operativo, che vanno aperti per lavori o altre esigenze operative legate a programmazioni precise, in adiacenza di opere d'arte, uscite autostradali e simili;
- barriere mobili ad apertura rapida, apribili senza l'ausilio di attrezzature, anche da personale non esperto, per esigenze di gestione incidenti.

La barriera mobile, salvo indicazioni particolari, sarà posizionata sull'asse dello spartitraffico centrale e sarà appoggiata su una pavimentazione in asfalto priva di gradini e quant'altro possa impedire il movimento degli elementi costituenti la suddetta barriera.

37.1.5 Prove - penali

Di norma le campionature saranno eseguite con la cadenza descritta di seguito tenendo conto che ogni prelievo sarà composto da un campione di ciascuno dei componenti la barriera di protezione, prelevati in contraddittorio con un rappresentante dell'Appaltatore.

1) Prove relative alle caratteristiche dell'acciaio e bulloneria.

La qualità dell'acciaio sarà verificata con le prove previste dalle Norme UNI EN 10025.

Il controllo degli spessori, dimensioni e prescrizioni sarà fatto misurando i materiali in più punti e sarà ritenuto positivo se tutte le misure rientreranno nei limiti delle prescrizioni e tolleranze richiesti. La classe della bulloneria sarà controllata con le prove previste dalle Norme UNI EN 20898, mentre la Direzione Lavori provvederà a verificare in contraddittorio con un rappresentante dell'Appaltatore il serraggio dei dadi con chiave dinamometrica tarata a 10 kg•m.

Le caratteristiche delle unioni saldate saranno controllate in conformità alle Norme previste dal Decreto M.LL.PP. del 14/02/1992.

In particolare sarà effettuato preventivamente un controllo visivo in cantiere da parte dei responsabili della Direzione Lavori, mirato ad individuare eventuali presenze d'anomalie sui cordoni, come porosità, inclusioni o cricche.

In questo caso il materiale dovrà essere sostituito con altro rispondente a quanto richiesto.

Inoltre sarà effettuata una verifica in sito o in laboratorio che prevede il controllo mediante ultrasuoni, oppure un controllo mediante liquidi penetranti.

Sarà eseguito, per le barriere di sicurezza, un prelievo ogni 3.000 m d'impianto.

Per le opere d'arte invece un prelievo pari al 5% sul numero totale delle opere da proteggere. In ogni caso, per ogni tipologia dovrà essere effettuato almeno un prelievo.

Per i varchi amovibili, sarà eseguito un prelievo ogni dieci varchi, con un minimo di uno.

Le campionature relative alle resistenze e tolleranze dell'acciaio e della bulloneria saranno inviate presso un laboratorio indicato dalla Direzione Lavori.

Per irregolarità relative alla qualità, spessori e dimensioni dei materiali e quanto altro possa concorrere anche in modo parziale a compromettere la resistenza strutturale degli impianti, l'Appaltatore sarà tenuto a sostituire, a sue spese, i materiali in difetto con altri che corrispondano alle caratteristiche richieste.

2) Prove relative alle caratteristiche dei rivestimenti anticorrosivi.

Le caratteristiche del rivestimento di zinco dei profilati a freddo saranno verificate con le prove previste dalle Norme CNR - CEI n. 7-6/VII 1968 descritte di seguito:

- Determinazione della qualità dello zinco mediante analisi chimica.
- Determinazione della massa dello strato di zinco.
- Determinazione dello spessore dello strato di zinco.
- Determinazione della uniformità di spessore del rivestimento di zinco.
- Determinazione della aderenza dello strato di zinco.

Per quanto concerne la rete relativa alle barriere per opere d'arte, essa sarà sottoposta alla prova di sollecitazione corrosiva di 28 cicli in clima variabile d'acqua condensa con atmosfera contenente anidride solforosa, secondo le Norme DIN 50018 SFW 1.0S. I relativi provini saranno depositi nell'apparecchio di "Kesternich" per la durata massima di 28 cicli.

Ogni ciclo avrà la durata di 24 h, suddiviso in due parti: nella prima parte, della durata di 8 h, i campioni saranno sottoposti alla

sollecitazione dell'agente corrosivo; nella seconda parte i campioni saranno tenuti a riposo e sottoposti ad aerazione.

Il materiale sarà ritenuto accettabile qualora al termine della prova della durata di 28 cicli i campioni non abbiano subito alcuna entità d'ossidazione aderente e/o permanente.

Sarà eseguito, per le barriere di sicurezza, un prelievo ogni 3.000 m d'impianto; per le opere d'arte invece un prelievo pari al 5% sul numero totale delle opere da proteggere.

In ogni caso, per ogni tipologia dovrà essere effettuato almeno un prelievo.

Le campionature relative alla zincatura dovranno essere inviate al "Laboratorio Autostrade".

Per irregolarità relative alla qualità e spessori della zincatura, l'Appaltatore sarà tenuto a sostituire, a sue spese, i materiali in difetto con altri che corrispondano alle caratteristiche richieste.

I materiali rifiutati dovranno essere immediatamente allontanati dal cantiere a cura e spese dell'Appaltatore.

3) Penali per irregolarità d'esecuzione

Per quanto concerne il montaggio, l'Appaltatore sarà tenuto a sua cura e spese al completo rifacimento degli impianti o di parte di essi se questi non dovessero essere stati eseguiti conformemente a quanto indicato nel Progetto e nelle prescrizioni tecniche descritte nel "Certificato d'omologazione".

Barriere prefabbricate a profilo New Jersey

La posa e rimozione di barriere prefabbricate a profilo "New Jersey" del tipo monofilare "provvisorie", occorrenti per deviazioni del traffico e/o delimitazione del cantiere, comprende il carico, trasporto e scarico degli elementi dal deposito al cantiere e viceversa, il montaggio e lo smontaggio delle piastre di collegamento e quant'altro occorre.

Gli elementi prefabbricati "definitivi" in conglomerato cementizio armato a profilo "New Jersey" saranno installati nello spartitraffico centrale e sui cordoli laterali del viadotto.

37.1.6 NJ in spartitraffico

Nello spartitraffico saranno installati elementi di tipo "monofilare" rinforzati in testa con barra dywidag: altezza 1 m, larghezza alla base 62 cm, larghezza in testa 13,6 cm, lunghezza standard 6,20 m; che saranno poggiati direttamente sul piano stradale collegandoli tra loro con una

piastra d'acciaio zincato al piede ed in testa con un manicotto per le barre.

Eventuali elementi di chiusura avranno lunghezze diverse, così come saranno installati di forma diversa in corrispondenza dei varchi di scambio-carreggiata.

37.1.7 NJ bordo opera

Nei cordoli laterali del viadotto saranno posizionati elementi "bordo opera" predisposti d'ancoraggi per il corrimano di tipo strutturale: altezza 1 m, larghezza alla base 50 cm, larghezza in testa 24 cm, lunghezza nominale 3 e 6 m (lunghezza effettiva 2,98 e 5,98 m); che saranno ancorati ai cordoli con tiranti ed in testa muniti di una barra dywidag con manicotto.

Nelle zone di approccio all'opera d'arte stessa saranno posti elementi NJ ancorati su cordoli in conglomerato cementizio, di tipo II con $R_{ck} > 35$ MPa ed armati con acciaio Fe B 44k, allineati ai cordoli del viadotto.

37.1.8 Caratteristiche tecniche

Le caratteristiche di resistenza e comportamento previste, sono riferite a manufatti prefabbricati e quindi, per la loro accettazione così come per i controlli di qualità da eseguire, vale quanto precisato dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 5.11.1971 n. 1086 (D.M. in vigore).

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

37.1.9 Materiali

37.1.9.1 Conglomerato cementizio

Dovrà rispondere alle specifiche tecniche riportate nell'art. 20 del presente Capitolato Speciale. La resistenza caratteristica specifica del conglomerato cementizio (R_{ck}), sarà > 45 MPa ed il copriferro non inferiore a 2 cm.

Qualora sia richiesta la fornitura di barriere New Jersey realizzate in conglomerato cementizio leggero strutturale si dovranno seguire, per il confezionamento del suddetto conglomerato, i medesimi principi di quello ordinario, utilizzando argilla espansa strutturale tipo T6, con resistenza del granulo allo schiacciamento non inferiore a 70 kg/cm^2 (UNI 7549-7); il conglomerato cementizio leggero dovrà avere una resistenza

caratteristica $R_{ck} > 40$ MPa ed una massa volumica non superiore a quanto riportato negli elaborati progettuali. Tutti i materiali necessari per il suo confezionamento dovranno corrispondere, come caratteristiche, a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti vigenti in materia.

37.1.9.2 Acciaio

L'armatura del conglomerato cementizio sarà in acciaio tipo Fe B 44k e barre a filettatura continua tipo "dywidag". Le piastre d'ancoraggio saranno in lamiera d'acciaio, zincata a caldo dopo lavorazione a norma ASTM A 123, protetta su ciascuna faccia da uno strato di zincatura non inferiore a $43 \mu\text{m}$ pari a 300 g/m^2 .

Sarà zincata anche la bulloneria di collegamento e serraggio. Il manicotto di collegamento delle barre dywidag sarà realizzato in acciaio PR8035MnPb10; dovrà essere a forma esagonale e composto di due pezzi collegati tramite un filetto maschio sinistrorso. Il manicotto dovrà essere protetto con processo di teflatura di spessore minimo $30 \mu\text{m}$ in tutte le sue parti (compresa la filettatura).

37.1.10 Posa in opera

Le modalità di posa in opera saranno concordate con la Direzione Lavori, alla quale l'Appaltatore sottoporrà il Progetto operativo.

37.1.10.1 Barriera spartitraffico "monofilare"

Gli elementi costituenti, la barriera "monofilare" situata nello spartitraffico saranno posti direttamente sul piano viabile curando l'allineamento planimetrico ed altimetrico, utilizzando per questo dei compensatori di quota con zeppe o quadrotti in policloroprene a durezza elevata. Successivamente si procederà al collegamento degli elementi con le piastre zincate, alla base, ed in testa con manicotto in acciaio per dare continuità alle barre dywidag.

Il manicotto sarà protetto con lubrificante ad alta stabilità termica (perdita di peso $< 3\%$ con riscaldamento a 473 K per 4 h) e ricoperto con guaina elastica di polipropilene trattato UV/CP (contro i raggi ultravioletti e gli agenti atmosferici) di colore grigio (RAL n. 7032) arrotolato sulla zona per proteggere il tutto, dotato d'idoneo sistema di chiusura, e tale da sembrare un tubo. All'interno del manicotto si dovrà porre un bloccante anaerobico costituito da una resina di poliacrildiesteri.

37.1.10.2 Barriera laterale parapetto

La posa degli elementi "da viadotto" costituenti la barriera laterale parapetto sarà indicativamente la seguente, iniziando i lavori dalla fine del viadotto rispetto alla direzione del traffico:

- predisposizione nel cordolo dei fori, avendo cura che il loro centro sia, dal bordo interno del cordolo (camera d'espansione), alle distanze prefissate;
- posizionamento longitudinale sul cordolo di due strisce di gomma espansa EPDM (Etilene Propilene Diene) a cellule chiuse tipo E75-2 di colore nero, come guarnizioni di tenuta all'acqua; lungo il lato interno, la striscia dovrà avere fori predisposti in corrispondenza delle camere d'espansione;
- posizionamento della barriera New Jersey con opportuni spessoramenti compensatori di quota con zeppe o quadrotti: in policloroprene a durezza elevata, al fine di aver un buon allineamento dei parapetti;
- collegamento degli elementi New Jersey tra di loro serrando il manicotto con le barre dywidag longitudinali. A tal fine l'Appaltatore dovrà colorare gli ultimi 7 cm della barra dywidag lato femmina con vernice rossa per consentire, in qualsiasi momento, il controllo del montaggio. Le misure potranno avere una tolleranza di ± 1 cm.
- perforazione, attraverso le scatole al piede della barriera, di un foro con corona diamantata delle caratteristiche come da Progetto;
- realizzazione del sottosquadro (camera conica che consente l'espansione delle alette del tirante) con lo strumento alesatore applicato alla carotatrice; l'esecuzione corretta della alesatura terminerà quando la boccia andrà a contatto con la rondella del fermo. L'ampiezza del sottosquadro, misurabile con idoneo strumento a "compasso", dovrà rispettare le indicazioni progettuali;
- posizionamento della guarnizione di tenuta all'acqua, in materiale di gomma espansa EPDM E75-2 a cellule chiuse di colore nero, tonda e con foro per il passaggio del tirante, attaccandola in corrispondenza del foro d'ancoraggio dei tiranti; detta guarnizione sarà pressata dalla rondella del tirante;
- l'introduzione del tirante, verificando che i segmenti per l'ancoraggio siano appoggiati al sottosquadro;
- spruzzo sulla testa del tirante di uno spray lubrificante a base di Bisolfuro Molibdeno per ridurre gli attriti del bullone;

- serraggio del dado con chiave dinamometrica, applicando un momento torcente pari a 180 Nm per garantire l'espansione; oppure, tramite apposito martinetto, procedere all'espansione del tirante quindi serrare il dado;
- bloccaggio del dado con un ulteriore dado autobloccante zincato a caldo di classe 8 provvisto internamente d'anello in plastica;
- chiusura della tasca, situata alla base della barriera New Jersey, con apposito tappo in polipropilene con copolimeri di colore grigio (RAL n.7032) resistente ai raggi ultravioletti e incollato con idoneo adesivo;
- installazione del montante e del corrimano strutturale, posizionando i manicotti di collegamento dopo il montante, rispetto al senso di marcia;
- protezione del manicotto realizzata con lubrificante ad alta stabilità termica (perdita di peso < 3% con riscaldamento a 473 K per 4 h) e ricopertura con guaina elastica di polipropilene trattato UV/CP (contro i raggi ultravioletti e gli agenti atmosferici) di colore grigio (RAL n. 7032) arrotolato sulla zona per proteggere il tutto, dotato d'idoneo sistema di chiusura in modo da sembrare un tubo.

All'interno del manicotto si dovrà porre un bloccante anaerobico costituito da una resina di poliacrildiesteri.

37.1.10.3 Posa in corrispondenza dei giunti di dilatazione

In corrispondenza dei giunti di dilatazione dell'impalcato, gli elementi di barriera prossimi al giunto non dovranno essere accostati ma distanziati di 8 cm per consentire le dilatazioni dell'impalcato.

Di conseguenza i collegamenti tra i due elementi saranno realizzati con pezzi speciali che, pur mantenendo le stesse resistenze di quelli correnti, permetteranno spostamenti relativi tra le due barriere collegate:

- le due barre dywidag saranno collegate tramite un manicotto speciale e con due dadi di serraggio;
- alla base degli elementi N.J. si porranno due piastrine di collegamento, di cui una asolata e l'altra provvista di bullone, libera di scorrere relativamente all'altra.

Questi accorgimenti saranno applicati anche nella barriera con elementi monofilari sullo spartitraffico dell'opera d'arte.

Nelle barriere parapetto, inoltre, sarà ammessa la sovrapposizione di parte dell'elemento prefabbricato sul cordolo della campata successiva,

con la sola aggiunta dei particolari elementi di collegamento, come appresso specificato.

Nel caso di semplice accostamento dei parapetti (per lunghezze d'impalcato fino a 80 m) la parte del prefabbricato "a sbalzo" sulla campata successiva, dovrà essere appoggiata su un doppio strato di neoprene da 3 mm con interposta una lamina di Teflon di spessore 0,5 mm avente funzione di strato lubrificante anti attrito.

L'alternanza d'elementi da 3 e 6 m nel posizionamento dovrà tener conto quindi della presenza dei giunti di dilatazione sul cordolo, in corrispondenza dei quali non sarà possibile effettuare il foro per l'ancoraggio.

Indicativamente i fori dovranno essere effettuati ad una distanza tra giunto e asse foro non inferiore a 25 cm.

A tal fine dovranno essere combinati insieme gli elementi da 6 e 3 m con la possibilità, nella zona di giunto, di avere un elemento a sbalzo sulla campata contigua, rinunciando al massimo ad un ancoraggio di base.

Per lunghezze d'impalcato superiori agli 80 m, si dovrà prevedere un dispositivo, in acciaio zincato, di copertura del vuoto della zona di giunto, sovrapposto ai parapetti in calcestruzzo e con il loro stesso profilo New Jersey.

Detti coprigiunti metallici, opportunamente dimensionati, potranno anche essere usati per chiudere "vuoti" fino ad un massimo di 1,0 m.

37.1.10.4 Verifiche

La Direzione dei Lavori dovrà:

a) prima del montaggio delle barriere, verificare che la lunghezza degli spezzoni dywidag per il serraggio dei montanti del mancorrente sia di almeno 9 cm, in modo da consentire il completo serraggio dai dadi dywidag da 7 cm. In caso di non rispondenza, l'elemento di barriera non sarà installato e dovrà essere allontanato immediatamente dal cantiere a cura e spese dell'Appaltatore;

b) al termine del montaggio delle barriere, verificare il serraggio dei tiranti con chiave dinamometrica a 180 Nm, per accertare che l'esecuzione del sottosquadro sia stata fatta correttamente.

Se al momento del serraggio sarà riscontrato un cedimento dell'ancoraggio con eventuale fuoriuscita dello stesso, l'Appaltatore procederà al suo ripristino.

37.1.11 Corrimano metallico strutturale

Il corrimano strutturale posto sui parapetti laterali del ponte avrà funzioni di barriera al ribaltamento dei mezzi pesanti.

Sarà realizzato in acciaio Fe 510B (calmato all'alluminio con almeno lo 0,02%) avente una percentuale di silicio compresa tra lo 0,15% e lo 0,25%, per essere idoneo alla successiva zincatura a caldo.

Il corrimano è costituito essenzialmente da:

- montante a doppio T di caratteristiche come da indicazioni progettuali, opportunamente sagomato, munito di piastra di base ed in testa d'anello, il montante sarà collegato alla barriera N.J. tramite dadi;
- elementi di tubo in acciaio senza saldatura per costruzioni meccaniche, con fori alle estremità; collegati con manicotto ricavato da tubo senza saldatura per costruzioni meccaniche, completo di due bulloni, con doppia foratura (4 fori);
- elemento terminale curvo, sia destro che sinistro, costituito da un tubo in acciaio senza saldature per costruzioni meccaniche, opportunamente sagomato, con piastra saldata per ancoraggio.

In corrispondenza dei giunti di dilatazione saranno installati manicotti speciali costituiti da tubo in acciaio senza saldatura per costruzioni meccaniche; completo di due fori, d'asole e di due bulloni con dadi.

Nei giunti di dilatazione per grandi escursioni, per i quali è prevista l'installazione di coprigiunti metallici, potrà essere necessario un montante aggiuntivo con tubi corrimano d'idonea lunghezza.

Il materiale dovrà provenire dalla produzione di Ditte di primaria importanza. Pertanto l'Appaltatore consegnerà alla Direzione dei Lavori una certificazione, rilasciata dal produttore dell'acciaio, attestante l'analisi chimica dell'acciaio e i risultati delle prove meccaniche per lotto di campioni; inoltre su ogni tubo di corrimano dovrà essere presente la marcatura a punzone del fabbricante.

37.1.11.1 Resistenze strutturali e protezione dei materiali

Il corrimano strutturale dovrà rispondere alle resistenze da verificarsi con le seguenti prove e modalità:

a) Montante:

Il montante metallico incastrato alla base dovrà resistere ad una forza di 12 t applicata, su una striscia lunga 35 cm in corrispondenza

dell'asse del montante (a 45 cm dal piano superiore del parapetto in calcestruzzo). Interasse dei montanti 3 m.

b) Corrimano:

Il tubo corrimano metallico appoggiato agli estremi con un interasse di 3 m dovrà resistere ad una forza 11,5 t applicata nella mezzeria su una striscia larga 35 cm (considerando il collegamento con il successivo elemento di corrente). Freccia massima ammissibile al centro di 3 cm.

c) Zincatura a caldo:

Tutti gli elementi costituenti il corrimano e suoi accessori dovranno essere zincati a caldo, a lavorazione ultimata, secondo le norme ASTM A 123.

Lo zinco per il bagno dovrà essere di qualità Zn 99,95.

La quantità minima di zinco su ogni superficie di 300 g/m², pari cioè ad uno spessore di 43 µm.

37.1.11.2 Posa in opera

Il corrimano strutturale andrà fissato alla barriera tipo New Jersey mediante bloccaggio alla piastra già predisposta, secondo gli schemi riportati nei disegni di Progetto.

In particolare si dovrà aver cura che i manicotti di collegamento del corrimano siano posti dopo il montante, rispetto al senso di marcia.

I montanti e le piastre degli elementi terminali curvi saranno collegati ai ferri fuoriuscenti dagli elementi N. J. con bulloni, resistenza HV 10.9.

37.1.11.3 Prove sui materiali

La qualità dell'acciaio sarà verificata con le prove analitiche previste dalla norma UNI EN 10210-1, fatta eccezione per la percentuale di alluminio che deve essere almeno pari allo 0,02% e del silicio che deve essere compresa tra lo 0,15% e lo 0,25%.

Per le verifiche di esecuzione e il controllo di spessori, la tolleranza massima sugli spessori deve essere del $\pm 5\%$; le verifiche saranno fatte misurando i materiali in più punti e saranno ritenute positive se tutte le misure rientreranno nei limiti delle prescrizioni e tolleranze richiesti.

La classe della bulloneria sarà controllata con le prove previste dalle Norme UNI EN 20898.

Le caratteristiche del rivestimento a caldo di zinco dei tubi in acciaio sarà verificata secondo le seguenti prove:

- determinazione della qualità dello zinco mediante analisi chimica;
- determinazione della massa dello strato di zinco;
- determinazione dello spessore dello strato di zinco;
- determinazione della uniformità di spessore del rivestimento di zinco.

Indipendentemente dalla certificazione rilasciata dal Produttore, la Direzione Lavori potrà prelevare in qualsiasi momento campioni di tutti i materiali impiegati per sottoporli ad analisi e prove, tutte le volte che lo riterrà opportuno, presso Laboratori Ufficiali allo scopo di rendere soddisfatte tutte le prescrizioni richiamate nelle presenti Norme.

I risultati ottenuti in tali laboratori saranno i soli riconosciuti validi dalle parti ed esclusivamente ad essi si farà riferimento a tutti gli effetti dell'appalto.

Le prove saranno eseguite su una serie di campioni prelevati dal materiale fornito, in contraddittorio con un rappresentante dell'Appaltatore.

Qualora le prove eseguite su questa prima serie di campioni dessero risultati negativi, esse saranno ripetute su altre due serie e soltanto se tutte e due queste ultime avranno dato esito positivo il materiale sarà ritenuto idoneo, in caso contrario la partita dovrà essere sostituita a cura e spese dell'Appaltatore.

Barriere in acciaio a profilo New Jersey

37.1.12Materiali

Le lamiere componenti la barriera saranno in acciaio del tipo Fe 430B.

I bulloni per i mutui collegamenti tra barriere dovranno essere in acciaio 8.8 a Norma UNI EN 20898; i tubi del corrimano saranno collegati tra loro con manicotti tramite 2 bulloni M24 classe HV 10.9 a Norma UNI 5712.

Il corrimano sarà realizzato con un tubo di acciaio Fe 510D, elettrosaldato ERW scordonato, di lunghezza 2940 o 5940 mm, diametro esterno 139.7 mm e spessore 12,5 mm.

37.1.13Zincatura

Sulle lamiere componenti la barriera e sul tubo corrimano si dovrà eseguire un processo di zincatura a caldo, per ottenere uno spessore di zinco di almeno 60 μm e un tasso superficiale di 450 g/m^2 .

37.1.14 Verniciatura protettiva

La verniciatura protettiva delle superfici metalliche della barriera dovrà essere eseguita in stabilimento di produzione, previa pulizia della superficie con acqua e detergente esente da lanolina, con vernice monocomponente ad alto spessore tipo ICOSIT 5530 SIKA, contenente cariche inerti, pigmenti ed a base di una combinazione di PVC e resine acriliche con solventi, tale da essere una vernice tixotropica che mantiene lo spessore anche in corrispondenza degli spigoli; dovrà avere un'ottima resistenza all'aggressività chimica, in atmosfere industriali con piogge acide o basiche ed agli effetti dei raggi UV.

Tale prodotto dovrà essere applicato in due mani ad airless sulle superfici a vista della barriera (con esclusione del tubo corrimano e relativo manicotto di collegamento) per una quantità di 400-420 g/m² per avere a secco uno spessore di almeno 100 µm.

Il colore da ottenere è il grigio RAL n. 7032.

Relativamente a detta verniciatura protettiva, è essenziale per il buon esito della fornitura che la protezione della lamiera abbia comunque una resistenza alla corrosione in nebbia salina, misurata secondo la Norma ASTM 8117, di almeno 1000 h (dopo 1000 h l'arrugginimento o la bollatura lungo l'incisione prevista non devono penetrare per più di 2 mm, con esclusione di qualsiasi altra alterazione visiva o di aderenza).

Tale requisito dovrà essere comprovato con la certificazione di prove, eseguite da un Laboratorio Ufficiale, su tre provini di lamiera di spessore 4 mm zincati a caldo e quindi protetti come sopra descritto; sulla certificazione dovrà comparire, oltre all'esito della prova, anche lo spessore dello strato protettivo.

La certificazione dovrà essere pronta e presentata (insieme ai tre campioni oggetto degli esami) in occasione del successivo collaudo dove si controllerà la conformità degli spessori della verniciatura sulle barriere collaudate con quelli certificati.

Resta salva la facoltà da parte della Direzione Lavori di prelevare altri provini da sottoporre ad eventuali ulteriori prove.

37.1.15 Collaudo delle barriere

All'approntamento delle barriere presso lo stabilimento di produzione e per quantitativi minimi non inferiori ad un terzo dell'intera fornitura o pari alla fornitura richiesta in cantiere di posa, sarà cura della

Direzione Lavori richiedere il collaudo degli elementi approntati prima della posa in opera.

Il collaudo sarà effettuato a campione scegliendo a caso tre elementi di barriera ogni 200 approntati (per lotti inferiori si collauderanno comunque tre elementi) e sugli stessi sarà verificata l'osservanza delle prescrizioni tecniche previste ed in particolare il rispetto dei sei standard di qualità sotto riportati, per i quali si convengono due livelli di tolleranza come da tabella:

Tabella "STANDARD" E RELATIVE TOLLERANZE		
	"STANDARD" SPESSORE RICHIESTO	LIVELLO DI TOLLERANZA ACCETTABILE
Spessore lamiera (\leq 4 mm)	valore nominale	0.10 mm
Spessore lamiera (da 6 a 8 mm)	valore nominale	0.15 mm
Spessore lamiera ($>$ 8 mm)	valore nominale	0.25 mm
Spessore zinco su barriera	min. 60 μ m	0 μ m
Spess. zinco su tubo mancorrente	min. 60 μ m	0 μ m
Spessore verniciatura su superfici a vista (mantello)	min. 100 μ m	0 μ m

Nel caso in cui anche uno solo dei tre elementi di barriera superi alla verifica il livello di tolleranza (per uno o più Standards), il lotto sarà rifiutato.

In ogni caso sia il riscontro di difettosità superficiali della verniciatura, che la presenza di ondulazioni o irregolarità della superficie a vista della barriera, renderanno inaccettabile il lotto.

A collaudo positivo sarà rilasciato dalla Direzione Lavori un "Verbale di approntamento e collaudo" con la certificazione delle quantità di barriere approntate e le risultanze delle verifiche effettuate. Le barriere collaudate con esito positivo saranno quindi consegnate in cantiere per la posa in opera, che avverrà in analogia a quanto descritto, nel presente Capitolato Speciale, per le barriere in conglomerato cementizio.

Attenuatori frontali

Gli attenuatori dovranno essere testati secondo la norma EN 1317-3. Gli attenuatori si dividono in redirettivi e non-redirettivi, nel caso in cui sia probabile l'urto angolato, frontale o laterale, sarà preferibile l'uso di attenuatori redirettivi. Particolare attenzione dovrà essere fatta alle zone di inizio barriera, in corrispondenza di una cuspide; esse andranno eseguite solo se necessarie in relazione alla morfologia del sito o degli ostacoli in esso presenti e protette in questo caso da specifici attenuatori d'urto. (salvo nelle cuspidi di rampe che vanno percorse a velocità 40 km/h).

Si useranno assorbitori a bags multiple in polietilene lineare rotostampato assemblati con funi di collegamento in acciaio e riempiti con sacche di appesantimento in acqua salata.

- Art. 38 *Recinzioni metalliche (omissis)***
- Art. 39 *Opere in verde (omissis)***
- Art. 40 *Murature (omissis)***
- Art. 41 *Intonaci (omissis)***
- Art. 42 *Solai (omissis)***
- Art. 43 *Controsoffitti (omissis)***
- Art. 44 *Coperture (omissis)***
- Art. 45 *Mantovane (omissis)***
- Art. 46 *Pareti in pannelli prefabbricati (omissis)***
- Art. 47 *Pareti divisorie mobili (omissis)***
- Art. 48 *Controfodere (omissis)***
- Art. 49 *Isolamenti (omissis)***
- Art. 50 *Rivestimenti (omissis)***
- Art. 51 *Vespai (omissis)***
- Art. 52 *Pavimenti (omissis)***
- Art. 53 *Canali di gronda, pluviali, scossaline, ecc.***

Norme generali

La sezione, lo sviluppo e la sagoma dei canali di gronda, nonché il numero, la posizione e la sezione dei pluviali, delle scossaline e delle

converse, le modalità di fissaggio, saranno quelle definite nel Progetto relativo a ciascun fabbricato.

Le sezioni dei pluviali, sono previste in rapporto ai dati pluviometrici e secondo prescrizioni regolamentari particolari.

La pendenza dei canali di gronda verso gli scarichi non dovrà, di norma, risultare minore dello 0,5%.

Saranno a totale carico dell'Appaltatore le riparazioni per qualsiasi perdita ed ogni altro difetto che si manifestasse, dalla consegna fino a collaudo eseguito, compreso ogni onere di ripristino.

Bocchettoni

I bocchettoni, in materiale plastico (PVC, Neoprene) o in tubi di piombo finiti con verniciatura isolante o spalmatura di catrame, saranno posti in opera sulle coperture piane per raccogliere e convogliare le acque piovane nei tubi pluviali; saranno provvisti di griglia al fine di trattenere materiali che possano ostruire i pluviali; saranno incassati e sigillati all'estradosso del solaio di copertura.

Canali di Gronda, Foderature, Converse, Scossaline

Possono essere nelle seguenti tipologie:

- in lamiera di ferro nero, dello spessore come da Progetto, finiti con verniciatura a due mani, ciclo "E", previa sabbiatura di grado SA 2½;
- in lamiera di ferro zincato, dello spessore come da Progetto, finiti con una mano di primer epossidico antiruggine ad alto spessore, ciclo "C";
- in lamiera di rame crudo dello spessore come da Progetto.

Le sovrapposizioni dovranno interessare la lamiera per almeno 8 cm e saranno rivolte verso lo scarico.

Dovranno inoltre essere predisposti opportuni giunti di dilatazione con interasse mediamente di circa 15 m.

Lo sviluppo delle converse sotto il manto di copertura dovrà essere sufficiente a contenere l'acqua di stravento.

Le lamiere saranno fissate al supporto, previa impermeabilizzazione di quest'ultimo con prodotti bituminosi, mediante staffe, accessori di fissaggi, con chiodi sparati ricoperti da saldatura.

I punti di fissaggio dovranno essere in numero sufficiente e posizione opportuna, tenendo conto soprattutto dell'azione del vento.

Pluviali

I tubi di discesa delle acque meteoriche, pluviali, sono in lamiera di ferro zincato o in tubi elettrosaldati di acciaio dolce di tipo commerciale, come da scelta progettuale; posti in opera in vista o incassati nelle murature e raccordati mediante bocchettoni ai canali di gronda.

I pluviali scatolati saranno piegati a freddo e saldati elettricamente in pezzi della lunghezza di almeno 2 m. Le giunzioni a libera dilatazione tra i vari pezzi dovranno avere sovrapposizione non inferiore a 5 cm.

I pluviali dovranno essere ancorati alle strutture portanti mediante grappe di sezione adeguata in ragione di una grappa ogni 2 m di tubo, comprese le necessarie opere murarie, e dovranno essere raccordati al piede ai pozzetti di raccolta; particolare cura dovrà essere posta nella posa in opera dei pluviali incassati nelle murature allo scopo di evitare infiltrazioni di acqua.

Internamente saranno catramati ed esternamente finiti con verniciatura a due mani con ciclo "E" nei colori previsti, previa sabbiatura di grado SA 2½.

Strutture e lattonerie in acciaio inox

Si richiama l'articolo relativo all'acciaio per carpenteria per l'osservanza di Leggi e Regolamenti in ordine agli adempimenti connessi con la esecuzione dei lavori, al collaudo tecnologico dei materiali, al controllo in corso di lavorazione ed al montaggio.

Per strutture portanti costituite da pilastri, travi, cerniere e carpenterie in genere di qualsiasi spessore, forma e dimensione, anche scatolare, è previsto l'impiego di lamiere laminate a caldo in acciaio inox x6 Cr/Ni Ti 18/11.

Nelle lattonerie per foderature, carenature, scossaline, tubazioni, ecc. di qualsiasi forma e dimensione, anche scatolare, di spessore fino a 3 mm, è previsto l'impiego di lamiera laminata a freddo in acciaio inox x5 Cr/Ni 18/10.

Gli acciai inox dovranno presentare il grado di finitura previsto in Progetto, di norma satinatura ottenuta mediante smerigliatura e preceduta da decapaggio con soluzione acida.

In corrispondenza di cordoni di saldatura o in altri punti particolari, la smerigliatura dovrà essere preceduta da rimozione dei residui del fondente e da sabbiatura.

Particolare cura dovrà essere posta nell'imballaggio delle lamiere e nella protezione superficiale mediante carta o plastica adesiva.

Art. 54 *Rivestimenti in alluminio e leghe leggere di alluminio (omissis)*

Art. 55 *Infissi (omissis)*

Art. 56 *Tinteggiature e verniciature (omissis)*

Art. 57 *Impianti (omissis)*

autostrade // *per l'italia*

Società per azioni

NORME PER LA MISURAZIONE E
VALUTAZIONE DEI LAVORI
PARTE III

PARTE III

NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

Art. 1 Norme generali

Le quantità dei lavori e delle provviste saranno determinate con metodi geometrici, numerici o a peso, in relazione a quanto previsto nell'Elenco Prezzi.

I lavori a misura saranno liquidati in base alle misure fissate dal progetto o prescritti dalla Direzione Lavori eventualmente rettificate dalle misure di controllo rilevate dagli incaricati (misure di spessori, lunghezze, larghezze, superfici e cubature effettivamente superiori/inferiori).

Per la quota delle lavorazioni affidate a corpo, le corrispondenti misurazioni verranno utilizzate per verificare la rispondenza delle opere eseguite a quelle progettate e la loro liquidazione verrà effettuata a percentuale di avanzamento di opere compiute secondo lo schema prestabilito contrattualmente.

Nel caso di realizzazione di nuovi manufatti o di interventi di rinforzo strutturale su manufatti esistenti se dalle misure di controllo risultassero dimensioni e/o caratteristiche prestazionali minori rispetto a quelle indicate in progetto o prescritte dalla Direzione Lavori, sarà in facoltà insindacabile della Direzione Lavori ordinare la demolizione delle opere e la loro ricostruzione a cura ed a spese dell'Impresa; soltanto se le minori dimensioni e/o caratteristiche prestazionali, sentito il Progettista, risultassero compatibili con la funzionalità e la stabilità delle opere, la Direzione Lavori potrà ammettere in contabilità le quantità effettivamente eseguite.

Le misure saranno prese in contraddittorio mano a mano che si procederà all'esecuzione dei lavori e riportate su appositi libretti che saranno firmati dagli incaricati della Direzione Lavori e dell'Impresa.

Resta sempre salva, in ogni caso, la possibilità di verifica e di rettifica in occasione delle operazioni di collaudo.

Si precisa inoltre che saranno a cura e spese dell'impresa:

- le operazioni di collaudo e di prova, statica e dinamica, distruttiva e non distruttiva, ivi compresa l'assistenza; solo escluso l'onorario per i Collaudatori e la strumentazione specifica di prova;
- l'assistenza alle prove sui materiali ed al monitoraggio, anche ambientale, eseguite dalla Direzione Lavori o da laboratori da essa incaricati, mediante la messa a disposizione di materiali, attrezzature, maestranze, mezzi d'opera e di quant'altro necessario.

Le prove sui materiali previste nella Parte Seconda del Capitolato Speciale d'Appalto (Norme per l'esecuzione dei lavori) e negli altri elaborati contrattuali, ivi comprese quelle relative a testare l'idoneità all'impiego dei materiali provenienti da scavi, saranno a carico del Committente ad eccezione di quelle riguardanti le prove preliminari di idoneità (di qualificazione, di stabilimento, certificazioni di origine dei produttori, ecc.), che saranno invece a carico dell'Appaltatore.

La direzione dei lavori o l'organo di collaudo possono disporre ulteriori prove ed analisi ancorché non prescritte dal capitolato speciale d'appalto ma ritenute necessarie per stabilire l'idoneità dei materiali o dei componenti. Le relative spese sono poste a carico dell'esecutore (art. 167 c.8 del DPR 207/2010).

Art. 2 Lavori in economia

Le prestazioni in economia dovranno essere assolutamente eccezionali e potranno adottarsi solo per lavori del tutto marginali.

In ogni caso verranno contabilizzate soltanto se riconosciute oggetto di un preventivo ordine ed autorizzazione scritti della Direzione Lavori.

Art. 3 Scavi - demolizioni - rilevati

La misurazione degli scavi di sbancamento e dei rilevati verrà effettuata con il metodo delle sezioni raggugliate. All'atto della consegna dei lavori l'Impresa eseguirà, in contraddittorio con la Direzione Lavori, il controllo delle quote nere delle sezioni trasversali e la verifica delle distanze fra le sezioni stesse, distanze misurate sull'asse di progetto.

In base a tali rilievi ed a quelli da praticarsi ad opera finita od a parti di essa purché finite, con riferimento alle sagome delle sezioni tipo ed alle quote di progetto, sarà determinato il volume degli scavi e dei rilevati eseguiti.

Resta inteso che, sia in trincea che in rilevato, la sagoma rossa delimitante le aree di scavo o di riporto è quella che segue il piano di banchina, il fondo cassonetto sia della banchina di sosta che della carreggiata e del piazzale, come risulta dalla sezione tipo.

In riferimento al trasporto dei materiali (a discarica o da cava), per «lotto» deve intendersi: il lotto autostradale, le singole strade di servizio, gli eventuali campi e cantieri; le quantità dei materiali movimentati faranno riferimento a tali tratte.

3.1 Scavi

3.1.1 Scavi in genere

Tutti i materiali provenienti dagli scavi sono di proprietà della Società; l'Impresa potrà usufruire dei materiali stessi, sempre che vengano riconosciuti idonei dalla Direzione Lavori, limitatamente ai quantitativi necessari alla esecuzione delle opere appaltate e per quelle categorie di lavoro di cui è previsto l'impiego nel progetto. È fatta salva la facoltà riservata alla Direzione Lavori di cederli all'Impresa, addebitandoglieli a norma del Capitolato Generale dello Stato approvato con D.P.R. 16.7.1962 n. 1063. Qualora però di detti materiali non esistesse la voce di reimpiego, questo potrà eventualmente essere desunto dai prezzi offerti dall'Impresa per le forniture di materiali a piè d'opera, diviso per il coefficiente 1,10.

Gli articoli dell'Elenco prezzi relativi agli scavi in genere comprendono tutti gli oneri previsti dalle presenti Norme ed inoltre:

- la perfetta sagomatura dei fossi, la sistemazione di banchine e cassonetti anche in roccia, la configurazione delle scarpate e dei cigli;
- il rinterro intorno alle murature e sopra le condotte, le fognature e i drenaggi;

- gli esaurimenti d'acqua (che saranno contabilizzati solo per gli scavi di fondazione considerati subacquei) compresi gli oneri per il loro trattamento secondo le vigenti norme di legge;
- le prove in laboratorio ed in sito per la verifica della idoneità dei materiali da reimpiegare.

Negli scavi in terra è compreso il disfacimento di eventuali drenaggi in pietrame o in misto granulare, rinvenuti durante i lavori.

Verranno contabilizzati a parte soltanto i trovanti rocciosi, se frantumati, o le fondazioni in muratura, aventi singolo volume superiore a 1,00 m³, applicando a tali quantità gli articoli previsti dall'Elenco prezzi per gli scavi in roccia o per le demolizioni di murature, avendole detratte dagli scavi in terra.

3.1.2 Scavi di sbancamento

Tali si intendono quelli definiti dall'art. 4.1. Si precisa che nel caso degli scavi di sbancamento per impianto di opere d'arte, non sarà computato il riempimento a ridosso della muratura, gli eventuali drenaggi a tergo della stessa, che l'Impresa dovrà eseguire a propria cura e spese sino a raggiungere la quota del preesistente terreno naturale.

3.1.3 Scavo di fondazione

Tali si intendono quelli definiti dall'art. 4.2 o ad essi assimilabili.

Gli scavi di fondazione saranno computati per un volume uguale a quello risultante dal prodotto dell'area di base delle murature di fondazione per la loro profondità, misurata a partire dal piano dello scavo di sbancamento o del terreno naturale quando detto scavo di sbancamento non viene effettuato.

Gli scavi di fondazione potranno essere eseguiti, ove ragioni speciali non lo vietino, anche con pareti a scarpata ma, in tal caso, non sarà computato il maggior volume, né degli scavi di fondazione né di quelli di sbancamento.

Solo nel caso che le pareti a scarpata siano ordinate dalla Direzione Lavori, saranno computati i maggiori volumi corrispondenti.

In ogni caso non sarà computato il riempimento a ridosso delle murature o degli eventuali drenaggi a tergo delle stesse, che l'Impresa dovrà eseguire a propria cura e spese, sino a raggiungere la quota dei piani di sbancamento o del preesistente terreno naturale. Verranno individuati inoltre i volumi relativi alle classi di profondità indicate negli articoli di Elenco prezzi ed a questi verranno applicate le maggiorazioni previste.

Gli scavi di fondazione saranno considerati subacquei, e come tali contabilizzati, solo se eseguiti a profondità maggiori di 20 cm dal livello costante a cui si stabilizzano le acque eventualmente esistenti nel terreno.

Qualora la Direzione Lavori ritenesse opportuno provvedere direttamente all'esaurimento delle acque mediante opere di deviazione o pompaggio, lo scavo sarà contabilizzato come eseguito all'asciutto.

Si ribadisce quanto stabilito all'art. 4 delle presenti Norme in ordine alle competenze degli oneri per l'espletamento delle pratiche di autorizzazione allo scarico nonché per i provvedimenti necessari all'eventuale trattamento delle acque.

3.2 Demolizioni di strutture

La demolizione di murature di qualsiasi genere e di strutture in conglomerato cementizio semplice od armato, normale o precompresso, verrà computata a metro cubo del loro effettivo volume. La demolizione di gabbionate o di materassi in filo di ferro e pietrame verrà computata, sulla base degli effettivi volumi, utilizzando l'articolo di Elenco prezzi relativo alla demolizione di murature di qualsiasi genere. Tali articoli, che comprendono il trasporto a rifiuto presso discariche idonee alla ricezione dei materiali, si applicano anche per la demolizione entro terra fino alla profondità indicata dalla Direzione Lavori.

La demolizione di fabbricati, di qualsiasi specie e genere, verrà invece computata a metro cubo vuoto per pieno, limitando la misura in altezza dal piano di campagna al livello della gronda del tetto; dovranno essere demoliti, oltre ai pavimenti del piano terreno, anche le fondazioni di qualsiasi tipo fino alla profondità indicata dalla Direzione Lavori.

Compreso l'allontanamento di tutti i materiali di risulta fuori dalle pertinenze autostradali, restando il materiale riutilizzabile di proprietà dell'Impresa.

La demolizione integrale di impalcati di opere d'arte in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso verrà computato a metro cubo del loro effettivo volume.

Compreso l'allontanamento di tutti i materiali di risulta fuori dalle pertinenze autostradali, restando il materiale riutilizzabile di proprietà dell'Impresa.

La demolizione integrale di impalcati di cavalcavia in conglomerato cementizio armato, normale o precompresso, o a struttura mista in acciaio e conglomerato cementizio armato, su autostrada in esercizio, verrà computata a metro quadrato di superficie effettiva, misurata in proiezione orizzontale.

Compreso l'allontanamento di tutti i materiali di risulta fuori dalle pertinenze autostradali, restando il materiale riutilizzabile di proprietà dell'Impresa.

La demolizione di fondazioni stradali e di pavimentazioni di conglomerato bituminoso verrà contabilizzata con i relativi articoli di Elenco prezzi.

Nel caso di demolizione parziale di strati di conglomerato bituminoso con impiego di macchina scarificatrice, dovrà essere computata la superficie effettiva per lo spessore medio ottenuto misurando la profondità di fresatura in corrispondenza dei bordi e del centro del cavo.

La demolizione dovrà rispettare rigorosamente gli spessori previsti in progetto o prescritti dalla Direzione Lavori e non saranno pagati maggiori spessori rispetto a quelli previsti o prescritti.

Le demolizioni di pavimentazioni, rivestimenti e tramezzi verranno computate a metro quadrato per la loro effettiva superficie.

Lo smontaggio di manti di copertura, compresa la rimozione dell'orditura portante, il trasporto a rifiuto del materiale non riutilizzabile e l'accatastamento di quello riutilizzabile nei depositi della Società, verrà computato a metro quadrato di proiezione orizzontale delle falde, qualunque sia la loro pendenza.

La rimozione di serramenti di porte e finestre verrà computata a metro quadrato di superficie effettiva.

L'apertura di vani di porte verrà computata a metro quadrato di superficie effettiva, misurata nella luce del vano ultimato.

La spiconatura di intonaci sarà computata a metro quadrato di superficie misurato vuoto per pieno, salvo la detrazione dei vani di superficie superiore a 4,00 m².

3.2.1 Asportazione di cls ammalorato su strutture esistenti

L'asportazione superficiale cls ammalorato o la demolizione parziale delle stesse, da eseguire durante gli interventi di risanamento conservativo delle strutture autostradali, dovranno essere computate secondo le indicazioni contenute nella relativa voce di Elenco Prezzi e comunque secondo i seguenti step:

- 1) eseguire una misurazione geometrica preliminare delle strutture (verifica delle dimensioni progettuali) che costituisce la base delle misurazioni successive.
- 2) eseguire una misurazione al termine della demolizione meccanica (con martelli demolitori o manuale - compresi il disgiungimento dei blocchi distaccati instabili);
- 3) eseguire una misurazione al termine dell'idrodemolizione.

Per la misura degli spessori delle demolizioni effettuate sul 100% della superficie è necessario predisporre testimoni o analogo sistema di basi di misurazione che rimangano inalterate durante la demolizione.

Si può ricorrere a:

- 1) barre metalliche vincolate alla struttura: sono usuali barre di armatura inserite in appositi perfori da eseguire in posizioni opportune.

Le barre debbono fuoriuscire dalla superficie esterna dell'elemento strutturale intatto di una quantità definita (solitamente 5,0-10,0cm).

La profondità di ancoraggio (da eseguire con resina) deve essere tale da permettere la perfetta stabilità della barra durante le operazioni di demolizione ($P > \text{spess. demol. prevista} + 5\text{cm}$).

L'utilizzo di lenze permette la misurazione degli spessore della demolizione meccanica/idrodemolizione eseguita successivamente.

2) Testimoni in cls: si tratta di porzioni di struttura di dimensioni delimitate che non vengono inizialmente demolite e costituiscono il riscontro per tavole in legname o barre metalliche prismatiche.

I testimoni dovranno essere rimossi prima dell'inizio delle attività di ripristino con malta per non inficiare la durabilità degli interventi effettuati.

L'asportazione di strati di conglomerato cementizio ammalorato, sia mediante scalpellatura che con l'impiego di macchine idrodemolitrici, verrà computato misurando lo spessore medio mediante rilievo su un reticolo di lato metri uno.

L'articolo dell'Elenco Prezzi per le idrodemolizioni comprende anche gli oneri per l'approvvigionamento dell'acqua occorrente, per l'asportazione del materiale fresato e per la pulizia della superficie risultante.

Ove risulti impossibile od eccessivamente complesso eseguire le misurazioni utilizzando il reticolo sopra indicato (superfici molto estese o molto irregolari, risanamenti da eseguirsi solo in percentuale sull'intera area), saranno definite aree omogenee di intervento suddivise per parti d'opera e su cui vengono eseguiti interventi della stessa tipologia.

Indicativamente le misurazioni andranno fatte:

- al passo di max. 1 metro lineare d'intervento,
- in corrispondenza degli spessori minimi e massimi lungo la linea di misurazione.

Le misurazioni andranno fatte sempre in contraddittorio con l'Impresa, indicate su un brogliaccio che sarà sottoscritto dalle parti.

Quando gli interventi sono eseguiti su una percentuale della superficie sarà necessario:

- valutare in cantiere le aree demolite (su brogliaccio);
- rapportarle all'intera superficie dell'elemento (p.es. sbalzo);
- determinare la percentuale d'intervento che verrà poi riportata sui disegni contabili.

Il brogliaccio dovrà essere allegato al Giornale dei Lavori o al Libretto delle misure.

3.3 Preparazione del piano di posa (omissis)

3.3.1 Rilevati

Gli articoli dell'Elenco prezzi per la preparazione del piano di posa dei rilevati comprendono tutte le lavorazioni ivi previste ed inoltre tutti gli oneri per controlli e prove indicati nelle Norme Tecniche.

Nel caso di eventuale bonifica del piano di posa, il maggiore scavo, oltre lo spessore di 20 cm, per la rimozione del terreno vegetale, verrà contabilizzato a parte con il relativo articolo di Elenco prezzi. In questo caso il compattamento del fondo scavo di scotico verrà eseguito sul fondo dallo scavo di bonifica.

3.3.2 Sovrastruttura stradale in trincea (omissis)

3.3.3 Telo di tessuto non tessuto in poliestere o polipropilene

Computato a metro quadrato senza tenere conto delle sovrapposizioni longitudinali e trasversali fra i teli; tra gli oneri del relativo articolo di Elenco prezzi è compresa anche la graffatura.

3.4 Formazione di rilevati, riempimenti di cavi e rilevati di precarico

La computazione del volume della fornitura dei materiali idonei per la formazione di rilevati, provenienti da cave di prestito, risulterà dalla differenza fra:

- il volume totale dei rilevati;
- la somma dei volumi degli scavi contabilizzati e ritenuti idonei al reimpiego dalla Direzione Lavori e dei volumi di materiali di proprietà della Società prelevati da depositi e misurati in opera. Qualora il prelievo dei materiali di proprietà della Società avvenisse da parte dell'Impresa in ambito esterno ai confini di lotto, sarà riconosciuto alla stessa tramite l'applicazione del prezzo corrispondente, l'onere del carico, trasporto e scarico del materiale

altrove prelevato. Detto materiale verrà computato dopo la messa in opera tra sezioni note.

Gli articoli, relativi alla formazione di rilevati, di riempimenti, di cavi e di rilevati di precarico comprendono tutti gli oneri previsti dalle presenti Norme ed in particolare:

- prove e sondaggi in laboratorio ed in sito per l'accertamento della idoneità dei materiali;
- l'ottenimento del benessere da parte degli Enti competenti per l'apertura e la coltivazione delle cave, relativamente alla normativa emanata dalle singole Regioni;
- le indennità e/o i canoni relativi al prelievo dei materiali da aree appartenenti a privati, Enti Pubblici, Demanio, ecc.;
- l'apertura di nuove cave e la loro coltivazione, compresa la sistemazione a cavatura ultimata, sulla base dei progetti che la Società e/o la stessa Impresa dovranno redigere, anche in relazione alla normativa emanata dalle singole Regioni.

Nel caso che il progetto debba essere redatto dall'Impresa, dovrà essere sottoposto anche al preventivo benessere della Direzione Lavori.

Nel volume degli scavi da considerarsi agli effetti del bilancio delle terre, dovranno essere tenuti in evidenza anche i materiali provenienti dallo scoticamento del piano di posa dei rilevati, in quanto ritenuti idonei dalla Direzione Lavori e utilizzati in tutto o in parte per la formazione della coltre vegetativa sulle scarpate.

I volumi relativi saranno determinati moltiplicando per 0,20 i metri quadrati contabilizzati con l'articolo relativo alla preparazione del piano di posa dei rilevati.

Nel caso si rendessero necessari volumi di terra vegetale per il rivestimento delle scarpate, eccedenti quelli provenienti dallo scotico del piano di posa dei rilevati, dagli scavi in genere e/o da depositi di materiali di proprietà della Società, la fornitura sarà garantita tramite l'utilizzo di materiale idoneo proveniente da cave di prestito, che verrà contabilizzata con l'articolo di Elenco prezzi relativo alla fornitura di materiali idonei per la formazione di rilevati.

La computazione per la sistemazione in rilevato di materiali provenienti da cave, da scavi o da depositi, avverrà misurando il totale volume dei rilevati eseguiti secondo le norme indicate nelle presenti Norme per la formazione della sede dell'autostrada e delle deviazioni di strade statali, provinciali e comunali, nonché degli altri eventuali rilevati per i quali venissero ordinate operazioni analoghe.

Gli articoli dell'Elenco prezzi relativi alle sistemazioni sopracitate prevedono le operazioni, i controlli e le prove tutte prescritte nelle presenti Norme Tecniche.

Si precisa inoltre che nel computo dei volumi dei movimenti di materie, eseguito con il metodo delle sezioni ragguagliate, la sagoma nera è quella del terreno naturale riscontrata all'atto del rilievo, ciò perché lo scavo dello scotico ed il ripristino del piano di campagna verranno contabilizzati con l'articolo per la preparazione del piano di posa dei rilevati.

Nel caso, invece, di scavo di scotico avente una profondità maggiore dei 20 cm previsti dal relativo articolo, le quantità eccedenti verranno contabilizzate con gli articoli per scavi di bonifica e per riempimento dei medesimi mediante i materiali opportuni.

Le gradonature, da eseguirsi al di sotto del piano di scotico per la preparazione del piano di posa dei rilevati, sui terreni con pendenza maggiore del 20% (come prescritto dalle presenti Norme), verranno contabilizzate con l'articolo di Elenco prezzi relativo allo scavo di sbancamento per gli scavi necessari alla realizzazione dei gradoni e con gli articoli relativi alla fornitura e sistemazione in rilevato per il riempimento dei medesimi.

Nel caso di rilevati misti, a ciascun strato si applicheranno i relativi articoli di Elenco prezzi, sia per la fornitura che per la sistemazione in rilevato, a seconda del gruppo di appartenenza delle terre.

La sistemazione in rilevato delle terre costituenti la coltre vegetale di rivestimento delle scarpate verrà contabilizzata con lo stesso articolo dell'Elenco prezzi applicato per il nucleo del rilevato.

L'articolo dell'Elenco prezzi per la sistemazione in rilevato si applicherà anche agli strati di sottofondazione posti in trincea; la preparazione del loro piano di posa, qualora ordinata, verrà contabilizzata con il relativo articolo di Elenco prezzi.

Dal computo dei volumi dei rilevati si detraranno i volumi delle opere d'arte e dei materiali altrimenti contabilizzati.

Non verranno considerati i cedimenti del piano di posa dei rilevati inferiori a 15 cm, essendosi valutati i corrispondenti oneri nel formulare il relativo articolo.

Quando siano prevedibili cedimenti del piano di posa dei rilevati eccedenti i 15 cm, l'Impresa sottoporrà all'approvazione della Direzione Lavori un programma per l'installazione di piastre assestometriche.

La posa in opera delle piastre e la rilevazione degli eventuali cedimenti saranno fatte a cura e spese dell'Impresa, in contraddittorio con la Direzione Lavori. Verranno computati gli eventuali maggiori volumi di rilevato, fatta eccezione per quelli derivanti dai primi 15 cm di cedimento.

La sistemazione a riempimento di cavi e la formazione di rilevati di precarico verranno misurati in opera e contabilizzati con i relativi articoli di Elenco prezzi; analogamente la eventuale fornitura di materiali idonei provenienti da cave di prestito per il riempimento di cavi e per i rilevati di precarico, verrà misurata in opera dopo l'addensamento.

Il volume dei materiali, di proprietà della Società, prelevati da depositi, caricati, trasportati e scaricati a rilevato, verrà computato sul materiale misurato in opera dopo la compattazione.

Gli oneri per l'esecuzione dei rilevati di prova, eventualmente richiesti dalla Direzione Lavori, sono a carico dell'Impresa.

L'onere per la stabilizzazione a cemento del rilevato a tergo delle murature e la relativa fornitura del cemento troveranno applicazione nei relativi articoli di Elenco prezzi.

Art. 4 Pozzi di fondazione e contrafforti a pozzo (omissis)

Art. 5 Palancole tipo Larssen (omissis)

Art. 6 Diaframmi a parete continua (omissis)

Art. 7 Pali di fondazione (omissis)

Art. 8 Trattamenti colonnari (Colonne consolidate Jet-grouting)(omissis)

Art. 9 Murature in genere e conglomerati cementizi

9.1 Murature (omissis)

9.2 Ricostruzioni superficiali con malte cementizie

Gli intonaci eseguiti con malte cementizie di cui agli art. 23 delle "Norme per l'esecuzione dei Lavori" saranno computate a decimetro cubo di materiale effettivamente messo in opera.

Quando il ripristino con malta è riferito ad una percentuale della superficie dell'elemento, la malta di ripristino sarà necessariamente uguale, in volume, alla quantità di cls demolito.

Quando, invece, si dovrà ripristinare il 100% della superficie di un elemento sarà necessario:

- fissare un copriferro minimo netto di 2cm sui ferri d'armatura;
- posizionare delle guide per la stesa della malta considerando:
 - verticalità e planarità delle superfici da ripristinare (tavole in legname - "listoni" in malta);
 - misurare su reticolo di lato 1m gli spessori di malta derivanti; verbalizzare in contraddittorio con l'Impresa Appaltatrice tale misurazione e controfirmare il verbale che sarà allegato al Giornale dei Lavori o al Libretto delle Misure.

9.3 Conglomerati cementizi

I conglomerati cementizi, siano essi di fondazione od in elevazione, semplici od armati, normali o precompressi, verranno computati a volume con metodi geometrici, secondo i corrispondenti tipi e classi, in base alle prescrizioni di cui alle precedenti Norme Tecniche, effettuando le misurazioni di controllo sul vivo, esclusi gli intonaci ove prescritti e

dedotti i vani od i materiali di differente natura in essi compenetrati che dovranno essere contabilizzati con i relativi articoli previsti dall'Elenco prezzi. In ogni caso non si dedurranno i volumi del ferro di armatura, dei cavi per la precompressione ed i vani di volume minore od uguale a 0,20 m³ ciascuno, intendendosi con ciò compreso l'eventuale maggiore magistero richiesto, anche per la formazione di feritoie regolari e regolarmente disposte.

Le strutture di impalcato alleggerite con vuoti saranno computate per il volume effettivo di calcestruzzo con la deduzione dei vuoti e le casseforme, in qualsiasi modo realizzate, saranno contabilizzate con i relativi articoli di Elenco prezzi applicati all'intera superficie bagnata.

Gli articoli di Elenco prezzi comprendono tutti gli oneri descritti nelle presenti Norme Tecniche ed in particolare:

- la fornitura a piè d'opera di tutti i materiali occorrenti (aggregati, leganti, acqua, aggiunte minerali, additivi aeranti, fluidificanti, superfluidificanti, iperfluidificanti, acceleranti, ritardanti, ecc.);
- la mano d'opera, i ponteggi e le impalcature nonché le attrezzature e macchinari per la confezione,
- l'eventuale esaurimento dell'acqua nei casseri,
- la sistemazione della carpenteria e delle armature metalliche,
- l'esecuzione dei getti da effettuare senza soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa impiegando anche manodopera su più turni ed in giornate festive;
- la vibrazione,
- la predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature ecc.;
- la necessità di coordinare le attività qualora la Società dovesse affidare i lavori di protezione superficiale dei conglomerati cementizi a ditte specializzate;
- il taglio di fili, chiodi, reggette con funzione di legatura di collegamento casseri con la sigillatura degli incavi e la regolarizzazione delle superfici di gettoe quant'altro occorra per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

Non sono compresi negli articoli di cui sopra gli oneri per:

- le casseforme, salvo quelle occorrenti per murature in conglomerato cementizio con paramento in pietrame, magrone, conglomerato cementizio per opere di fondazione;
- le centinature ed armature di sostegno delle casseforme, salvo quelle per getti di luce retta inferiore a quanto indicato nei relativi articoli di Elenco Prezzi;
- gli acciai di armatura;

che verranno contabilizzati con i relativi articoli di Elenco Prezzi.

È previsto inoltre che nel caso di sospensione dei getti per effetto di un abbassamento della temperatura atmosferica al di sotto dei 273 K, l'Impresa non abbia diritto a nessun risarcimento, come pure non possa richiedere alcun compenso per particolari accorgimenti da adottarsi nel caso di esecuzione di getti a basse temperature.

In merito alla valutazione della penale prevista, nel caso che la resistenza caratteristica riscontrata risultasse minore di non più del 10% rispetto a quella della classe indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto, la Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista, effettuerà una determinazione sperimentale della resistenza meccanica del conglomerato cementizio in opera e successivamente una verifica della sicurezza.

Nel caso che tale verifica dia esito positivo, il conglomerato cementizio verrà accettato, ma il lotto non soddisfacente i requisiti richiesti, verrà decurtato del 15% del suo valore.

Qualora la resistenza caratteristica riscontrata risulti minore di quella richiesta di più del 10%, l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spese, alla demolizione e rifacimento dell'opera oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi, dovranno essere formalmente approvati dalla Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista.

Nessun indennizzo sarà dovuto all'Impresa se la classe di resistenza risulterà maggiore di quella indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto.

Le stesse modalità verranno applicate ai manufatti prefabbricati.

Nelle opere in cui venissero richiesti giunti di dilatazione o contrazione o giunti speciali aperti a cuneo, secondo i tipi approvati dalla Direzione Lavori, l'onere relativo all'esecuzione della sede del giunto compreso quello di eventuali casseforme, si intende compreso negli articoli di Elenco per le murature in genere ed i conglomerati cementizi.

Quando sia prevista in progetto o venga prescritta dalla Direzione Lavori la solidarizzazione in opera di travi prefabbricate di ponti e viadotti per la costituzione di impalcati continui, il relativo onere deve intendersi compreso nei prezzi di elenco delle singole lavorazioni relative alla costruzione degli impalcati stessi.

Nel caso di ripristino di elementi strutturali, la Direzione Lavori eseguirà in corso d'opera con la frequenza che riterrà opportuna le prove di controllo dei requisiti.

Qualora dalle prove eseguite risultassero valori inferiori di non più del 10% rispetto a quelli indicati nelle presenti Norme Tecniche o previsti in progetto, la Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista, effettuerà una verifica della sicurezza statica dell'elemento strutturale soggetto a ripristino/adeguamento.

Nel caso che tale verifica dia esito positivo il materiale verrà accettato ma il valore della lavorazione verrà decurtata del 25% per tutte le superfici ed i volumi su cui si è operato e per tutti i prezzi e sovrapprezzi con cui è stata compensata.

Qualora i valori risultassero minori di oltre il 10% rispetto a quelli richiesti e nel caso in cui sussistano contemporaneamente più difetti, qualunque siano i valori di scostamento riscontrati rispetto alle previsioni progettuali, l'Impresa sarà tenuta a sua totale cura e spese alla rimozione dei materiali già posti in opera ed al loro ripristino.

In caso si evidenziassero microfessure, se l'incidenza dell'area fessurata risulterà inferiore al 20% dell'area totale di intervento, verrà applicata su tali superfici o volumi, la penale del 25% per tutti i prezzi e sovrapprezzi con cui è stato compensato il lavoro risultato non idoneo.

Se l'incidenza dell'area fessurata sarà superiore al suddetto 20%, l'Impresa dovrà procedere, a sua cura e spese, alla rasatura e alla protezione della superficie con filmogeni, di tipologia da concordare con la Direzione Lavori, in accordo con il Progettista.

Le superfici risonanti a vuoto con il controllo al martello verranno verificate in contraddittorio e su di esse verrà applicata la penale del 25% per tutti i prezzi e sovrapprezzi con cui è stato compensato il lavoro risultato non idoneo, salvo richiesta della Direzione Lavori di far effettuare, a cura e spese dell'Impresa, le asportazioni ed il rifacimento del ripristino delle superfici risonanti.

9.3.1 Misurazione spessori di getto per incamiciature

La misurazione dello spessore di getto avverrà mediante le misurazioni durante la posa dei casseri, in testa agli stessi e/o dove possibile accedervi.

Gli spessori di getto, tuttavia, non potranno essere arbitrariamente modificati dall'Impresa durante la posa dei casseri.

A fronte di uno spessore di getto fissato (da progetto) gli eventuali sopra/sotto spessori dovranno essere verificati in contraddittorio con l'Impresa e, ove possibile, risolti.

Per eseguire tale operazione può risultare opportuno la posa di lenze prima della posa dei casseri per la rettifica di eventuali superfici non verticali o allineate ad elementi strutturali adiacenti (ad. es. cordoli).

9.3.2 Misurazione spessori di rivestimento protettivo filmogeno

In corso d'opera la Direzione Lavori effettuerà controlli dello spessore sul film umido¹⁸ della singola mano applicata con le seguenti modalità:

¹⁸Lo spessore di film umido, corrispondente allo spessore di film secco previsto in progetto, si ottiene moltiplicando lo spessore di film secco per 100 e dividendo per il valore dei solidi in volume del prodotto da applicare (derivato dalla scheda tecnica del prodotto), il valore ottenuto verrà arrotondato alla decina.

- misura dello spessore mediante "pettine" di idonea graduazione secondo le specifiche della ASTM D 4414 (o D 1212);
- la serie di misure sarà, se possibile, omogeneamente distribuita sulla superficie da verificare ed il suo valore medio non dovrà essere minore di quello di progetto.

Nel caso di sistemi protettivi filmogeni, in merito alla valutazione della corretta posa in opera, possono essere riscontrate le seguenti circostanze:

- se dalla prova di misurazione dello spessore del film, risultassero valori medi inferiori rispetto a quelli richiesti, l'Impresa dovrà procedere, a sua cura e spese, all'integrazione del protettivo, con modalità e tipologia da concordare con la Direzione Lavori;
- se dalla prova di adesione al supporto (mediante prova per trazione diretta o prova di quadrettatura), risultassero valori non conformi rispetto a quelli richiesti, per il lotto non soddisfacente i requisiti richiesti, l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spese, all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi, dovranno essere formalmente approvati dalla Direzione Lavori.

Art. 10 Casseforme - Armature - Centinature - Varo travi prefabbricate

Casseforme, armature di sostegno, centinature e varo di travi prefabbricate saranno contabilizzate a parte, solo per quanto sia esplicitamente indicato negli articoli di Elenco prezzi. Tali articoli di Elenco prezzi comprendono tutti gli oneri, le forniture e le prestazioni relative a materiali, mano d'opera, noli, armo, disarmo, sfrido, trasporti, disarmanti ecc...Casseforme

Le casseforme saranno computate in base allo sviluppo delle facce interne a contatto del conglomerato cementizio, ad opera finita.

10.1 Armature

Gli oneri per le armature di sostegno delle casseforme per getti in opera di conglomerato cementizio semplice od armato, normale o precompresso, per impalcati, piattabande e travate e quelle di sostegno delle centine

per archi o volte, di luce retta fino a 2,00 m, misurata al piano d'imposta lungo l'asse mediano dell'opera, sono compresi negli articoli dell'Elenco Prezzi relativi ai conglomerati cementizi.

Le armature di luce retta superiore a 2,00 m saranno computate per classi di luci, secondo le indicazioni contenute nei relativi articoli dell'Elenco prezzi.

La superficie dell'armatura di ciascuna luce sarà determinata in proiezione orizzontale misurandola in lunghezza, al piano d'imposta lungo l'asse mediano dell'opera, fra i fili interni dei sostegni ed in larghezza, normalmente all'asse mediano dell'opera, fra i fili esterni dell'impalcato.

Quando l'altezza media di ciascuna luce, misurata fra l'intradosso dell'opera (impalcato, piattabanda, travata, sostegno di centine di archi o volte) ed il piano di campagna in corrispondenza dell'asse mediano dell'opera stessa superi l'altezza di 10 m, si determinerà l'incremento, previsto dagli articoli di Elenco prezzi per le armature, applicando la maggiorazione in percentuale, per altezze medie delle armature superiori ai 10 m, tante volte quante sono le zone di 5 m eccedenti i primi 10 metri.

Saranno computate anche le armature di sostegno delle casseforme per il getto in opera di conglomerato cementizio di parti aggettanti dalle strutture in elevazione, quali ad esempio le orecchie delle spalle di opere d'arte e gli sbalzi laterali delle pile.

In questi casi gli articoli verranno contabilizzati applicando quelli corrispondenti a luci convenzionali, uguali a due volte la lunghezza dello sbalzo (misurata lungo il suo asse mediano tra il filo d'incastro ed il filo esterno dello sbalzo stesso) e la superficie alla quale detto articolo dovrà essere applicato sarà quella determinata, in proiezione orizzontale, dalla lunghezza dello sbalzo, misurata come sopra e dalla larghezza misurata normalmente all'asse mediano dello sbalzo.

10.2 Attrezzature speciali autovaranti e autoportanti per l'esecuzione in opera di impalcati di ponti e viadotti (omissis)

10.3 Varo di travi prefabbricate in c.a. o c.a.p. - Armatura di sostegno per getto di solette e traversi su travi varate (omissis)

10.4 Centinature (omissis)

10.5 Acciaio per c.a. e c.a.p.

L'acciaio in barre per armatura di conglomerati cementizi verrà computato in base al peso teorico dei vari diametri nominali indicati nei progetti esecutivi, trascurando le quantità superiori alle indicazioni di progetto, le legature, gli eventuali distanziatori e le sovrapposizioni per le giunte non previste o non necessarie, intendendosi come tali anche quelle che collegano barre di lunghezza inferiore a quella commerciale. Il peso degli acciai verrà determinato con metodo analitico misurando lo sviluppo teorico di progetto di ogni barra e moltiplicandolo per la corrispondente massa lineica nominale indicata nel prospetto IV della Norma UNI 6407/88.

Essendo equivalenti i diametri e le aree delle sezioni nominali delle barre nervate a quelli delle barre lisce, per la computazione verrà adottata per entrambi la medesima massa lineica nominale.

Per le barre di acciaio zincato che non soddisfano i requisiti relativi alla prova di Preece per la determinazione dell'uniformità dello spessore dello zinco, verrà applicata una penale di.

Nel caso che il materiale non risulti idoneo, sarà allontanato dal cantiere, a cura e spese dell'Impresa.

Il peso dell'acciaio per strutture in conglomerato cementizio armato precompresso con il sistema a cavi scorrevoli sarà determinato moltiplicando lo sviluppo teorico di progetto dei cavi, compreso tra le facce esterne degli apparecchi di bloccaggio, per il numero dei fili componenti il cavo e per il peso unitario dei fili stessi, calcolato in funzione del diametro nominale e della massa volumica dell'acciaio di $7,85 \text{ kg/dm}^3$.

Il peso dell'acciaio per strutture in conglomerato cementizio armato precompresso con il sistema a fili aderenti sarà determinato moltiplicando lo sviluppo teorico di progetto dei fili, compreso tra le facce esterne delle testate della struttura, per il peso unitario dei fili, calcolato in funzione del loro diametro nominale e della massa volumica dell'acciaio di 7,85 kg/dm³.

Il peso di trefoli o trecce in acciaio per strutture in c.a.p. sarà determinato moltiplicando il loro sviluppo teorico, compreso tra le facce esterne degli apparecchi di bloccaggio, per il peso dell'unità di misura determinato mediante pesatura.

Il peso dell'acciaio in barre per calcestruzzi precompressi sarà determinato moltiplicando lo sviluppo teorico di progetto delle barre, compreso tra le facce esterne degli apparecchi di ancoraggio, per il peso unitario della barra, calcolato in funzione del diametro nominale e della massa volumica dell'acciaio di 7,85 kg/dm³.

L'articolo di Elenco prezzi dell'acciaio per strutture in conglomerato cementizio armato precompresso comprende la fornitura dell'acciaio, tutti gli oneri necessari per dare l'acciaio in opera a perfetta regola d'arte ed inoltre:

a) per il sistema a cavi scorrevoli:

- la fornitura e posa in opera delle guaine, comprese le relative giunzioni con legature a mezzo di nastro adesivo;
- la fornitura e posa in opera dei ferri distanziatori dei cavi e di una spirale costituita da una treccia di acciaio armonico del diametro di 6 mm avvolta intorno ad ogni cavo con passo di 80÷100 cm;
- le legature dei fili, trecce e trefoli costituenti ciascun cavo con nastro adesivo ad intervalli di 70 cm;
- le iniezioni di boiaccia di cemento a ritiro compensato nelle guaine dei cavi;
- le teste e le piastre di ancoraggio; la mano d'opera, i mezzi ed i materiali per la messa in tensione di cavi e per il bloccaggio dei dispositivi.

b) per il sistema a fili aderenti:

- la fornitura e posa in opera dei dispositivi di posizionamento dei fili all'interno della struttura, degli annessi metallici ed accessori di ogni tipo;
- la mano d'opera, i mezzi ed i materiali necessari per la messa in tensione dei fili, per il bloccaggio degli stessi e per il taglio a stagionatura avvenuta della struttura, delle estremità dei fili non annegate nel conglomerato cementizio;
- la perfetta sigillatura con malta dosata a 300 kg di cemento per metro cubo di sabbia, delle sbrecciature nell'intorno dei fili tagliati sulla superficie delle testate della struttura;

c) per il sistema a barre:

- eventuali diritti doganali e di brevetto;
- il trasporto;
- la fornitura e posa in opera di guaine, ancoraggi, manicotti ed accessori di ogni genere;
- la mano d'opera, i mezzi ed i materiali per la messa in tensione delle barre nonché per il bloccaggio dei dispositivi;
- le iniezioni di boiaccia di cemento a ritiro compensato nelle guaine; ecc..

10.6 Tiranti di ancoraggio (omissis)

Art. 11 Muri in elementi prefabbricati - Strutture di sostegno - Pannelli di rivestimento prefabbricati (omissis)

Art. 12 Intonaco - Impermeabilizzazioni - Trattamenti impregnanti e protettivi di superfici in conglomerato cementizio - Conglomerato cementizio spruzzato per rivestimento di pareti

Intonaci verticali, orizzontali, piani o curvi, saranno computati a metro quadrato di superficie effettiva, misurata al civile, detraendo soltanto i vani di superficie superiore a 1,00 m². Analogamente verranno trattati i computi dei trattamenti protettivi superficiali di tipo filmogeno e rasanti millimetrici, nonché i trattamenti impregnanti.

I relativi articoli di Elenco prezzi comprendono anche l'onere della esecuzione in più strati; della fornitura e posa in opera di paraspigoli; della chiusura e rifinitura di tracce; della ripresa in corrispondenza di pavimenti, zoccolature, rivestimenti, serramenti, ecc.; della eventuale esecuzione di gusci di raccordo tra pareti e soffitti, se richiesta; della eventuale fornitura di additivi.

L'intonaco ed il trattamento impregnante di superfici in conglomerato cementizio saranno computati per la loro superficie effettiva, piana o curva, senza effettuare detrazioni per vani di superficie inferiore a 1,00 m² e senza tenere conto di rientranze o sporgenze dal vivo inferiore a 10 cm.

Il conglomerato cementizio spruzzato per il rivestimento di pareti di pozzi di fondazione, di scavi in genere o di pendici, sarà computato per i volumi convenzionalmente risultanti dalle superfici effettivamente da rivestire per gli spessori teorici previsti.

La rilevazione per il controllo degli spessori medi dovrà essere fatta su un reticolo di un metro di lato.

I relativi articoli di Elenco prezzi comprendono tutti gli oneri ivi richiamati ed inoltre quelli relativi agli eventuali ponteggi ed impalcature occorrenti.

Solo escluso eventuali armature metalliche da contabilizzare a parte con i relativi articoli di Elenco.

12.1 Impermeabilizzazioni in cartongesso bitumato e in mastice d'asfalto sintetico e manti impermeabili costituiti da membrane a base bituminosa (omissis)

12.2 Manti impermeabili di copertura costituiti da fogli in PVC o in gomma sintetica (omissis)

12.3 Impermeabilizzazione di impalcati e gallerie artificiali (omissis)

Art. 13 *Manufatti metallici*

I manufatti in acciaio, di qualsiasi genere e per ogni utilizzo, composti da lamiera, lamiera ondulata, profilati, tubi, barre, getti di fusione, ecc., saranno contabilizzati secondo i relativi articoli di Elenco prezzi e computati in base al loro peso, che dovrà essere determinato prima della posa in opera mediante pesatura in contraddittorio tra Direzione Lavori ed Impresa, con stesura di apposito verbale controfirmato dalle parti.

Rispetto al peso teorico, determinato sulla base delle distinte dei materiali riportate nei disegni di progetto, è ammessa una tolleranza in più o in meno del 4% (quattro per cento); detta tolleranza non si applica nel caso di appalti a corpo.

Se il peso effettivo risulterà inferiore al peso teorico diminuito della tolleranza, la Direzione Lavori non accetterà la fornitura.

Se il peso effettivo risulterà invece superiore al peso teorico aumentato della tolleranza, verrà computato solo il peso teorico aumentato del valore di tolleranza.

Ogni operazione di pesatura dovrà riferirsi a parti di uno stesso manufatto. Viene pertanto esclusa la pesatura cumulativa di elementi appartenenti a manufatti diversi, anche quando si tratta di controventi, piastrame, bullonerie, rosette, ecc..

I relativi articoli di Elenco prezzi comprendono: la fornitura di tutti i materiali; la lavorazione secondo i disegni costruttivi; la posa ed il fissaggio in opera; la sabbiatura e la sua eventuale ripetizione in caso di formazione di ruggine; la verniciatura secondo i cicli previsti; ogni altra fornitura, prestazione ed onere per dare l'opera compiuta a perfetta regola d'arte.

Nel caso di manufatti di ponti e viadotti costituiti da acciai di tipo diverso, si determineranno preventivamente, sulla base delle distinte dei materiali sopracitate, le incidenze di ciascun tipo d'acciaio, da contabilizzare con i corrispondenti articoli di Elenco.

Per i manufatti in acciaio, sui materiali presenti in cantiere a piè d'opera, già verificati tecnologicamente, dimensionalmente e pesati a

cura della Direzione Lavori, potrà essere corrisposto un acconto pari al 50% dell'importo determinato sulla base dei prezzi offerti dall'Impresa.

Le dimensioni e gli spessori dei manufatti da computare in metri quadrati di superficie effettiva dovranno essere corrispondenti ai disegni di progetto.

Se la superficie effettiva risulterà inferiore a quella teorica di progetto, la Direzione Lavori non accetterà la fornitura; se invece la superficie effettiva risulterà superiore a quella teorica di progetto verrà computata solo quella teorica ferma restando la facoltà della Direzione Lavori di chiedere il rispetto dimensionale dei manufatti. Si intendono comunque compresi nei relativi articoli di Elenco prezzi gli oneri per: le lavorazioni quali le forature, le saldature, le bullonerie, le piastre, i relativi sfridi, le opere murarie compresi i collegamenti strutturali e gli ancoraggi, anche con l'impiego di malta reoplastiche, le finiture con sabbiature di grado SA 2½ della SVENSK STANDARD SIS, la sgrassatura, la zincatura, la verniciatura secondo i cicli previsti.

Nel caso di manufatti in ferro per cancelli, cancellate e parapetti, sono compresi negli oneri le serrature e le ferramenta di manovra per i cancelli, i corrimano rivestiti in plastica per i parapetti.

Art. 14 *Lavori in sottterraneo (omissis)*

Art. 15 *Fondazioni stradali*

Le fondazioni stradali saranno computate a volume, in opera dopo il compattamento.

Il calcolo del volume sarà fatto assumendo la larghezza teorica di progetto, senza tenere conto di eventuali eccedenze, misurando la lunghezza sull'asse mediano di ciascuna carreggiata e determinando lo spessore medio sulla base di sondaggi eseguiti a cura ed a spese dell'Impresa e sotto il controllo della Direzione Lavori escludendo le eccedenze rispetto allo spessore teorico di progetto.

Il materiale fresco di apporto per la esecuzione di fondazioni in misto granulometricamente stabilizzato con materiali provenienti dalla demolizione di esistenti fondazioni stradali sarà computato a volume, misurato a piè d'opera prima del compattamento.

Art. 16 *Conglomerati bituminosi*

I conglomerati bituminosi per gli strati di base, di collegamento (binder) e di usura saranno computati sulla base delle quantità effettivamente eseguite, senza tenere conto di eventuali eccedenze rispetto alle quantità teoriche di progetto, sia per quanto si riferisce a volumi e superfici che per gli spessori dei singoli strati.

I relativi articoli dell'Elenco prezzi comprendono tutte le forniture, prestazioni ed oneri in essi richiamati e nelle presenti Norme.

Art. 17 *Drenaggi (omissis)*

Art. 18 *Gabbioni e materassi metallici - Scogliere per difese spondali (omissis)*

Art. 19 *Canalette - mantellate - rivestimento di cunette e fossi - manufatti tubolari in lamiera di acciaio ondulata (omissis)*

Art. 20 *Opere in verde (omissis)*

Art. 21 *Segnaletica verticale ed orizzontale*

Le quantità dei lavori saranno determinate con metodi geometrici in relazione a quanto previsto nell'Elenco Prezzi.

I lavori saranno liquidati in base alle misure fissate, anche se dalle misure di controllo rilevate dagli incaricati dovessero risultare spessore, lunghezze e superfici effettivamente superiori; soltanto nel caso che la Direzione Lavori abbia ordinato in corso d'opera, per iscritto, tali maggiori dimensioni se ne terrà conto nella contabilizzazione.

In nessun caso saranno tollerate dimensioni minori di quelle previste e l'Impresa sarà chiamata ad eseguirne il rifacimento a sua cura e spese.

Le misure saranno prese in contraddittorio, mano a mano che si procederà all'esecuzione delle opere e riportate su apposito libretto che sarà firmato dagli incaricati della Direzione dei Lavori e dell'Impresa.

Resta sempre salva, in ogni caso, la possibilità di verifica e di rettifica in occasione delle operazioni di liquidazione finale dei lavori.

Segnaletica verticale (omissis)

Segnaletica orizzontale

a) l'area delle strisce continue od intermittenti, dei contorni di isole e delle frecce direzionali sarà valutata in base all'effettiva superficie verniciata;

b) l'area delle zebraure sarà valutata a vuoto per pieno qualora il rapporto vuoto/pieno dell'intera superficie zebraura sia inferiore o uguale a 2/1. Nel caso in cui detto rapporto sia maggiore di 2/1, verrà computata la sola superficie verniciata;

c) l'area delle lettere sarà valutata misurando la superficie del parallelogramma ortogonale che circonda ogni singola lettera.

L'eventuale rimozione della segnaletica orizzontale verrà computata sempre per la effettiva superficie rimossa, fatta eccezione per le scritte che saranno valutate misurando la superficie del parallelogramma ortogonale che circonda ogni singola lettera.

Art. 22 *Pareti in pannelli prefabbricati (omissis)*

Art. 23 *Solai (omissis)*

Art. 24 *Controsoffitti (omissis)*

Art. 25 *Manti di copertura (omissis)*

Art. 26 *Mantovane (omissis)*

Art. 27 *Pannelli isolanti (omissis)*

Art. 28 *Rivestimenti (omissis)*

Art. 29 *Zoccolini battiscopa (omissis)*

Art. 30 *Opere in pietra (omissis)*

Art. 31 *Gradini (omissis)*

Art. 32 *Cordonature, soglie e davanzali in conglomerato cementizio (omissis)*

Art. 33 *Pavimentazioni, vespai, pavimenti (omissis)*

Art. 34 *Tubazioni, fognature, manufatti*

34.1 Generalità

Gli articoli di Elenco prezzi relativi alle varie tubazioni: per esalazioni, per scarichi e fognature, comprendono gli oneri per:

- la realizzazione dei giunti, compreso gli accessori quali collanti, manicotti, saldature, collari di presa, raccorderia, ecc.;

- la compenetrazione dei tubi maschio-femmina;
- tagli, sfridi, ecc..

Inoltre per le tubazioni:

- a) incassate nella muratura:** l'apertura e chiusura delle tracce ed eventuali fori per l'attraversamento di pareti e/o solai;
- b) a vista, staffettate alle strutture portanti:** i collari, le staffe di ancoraggio che potranno essere saldate, imbullonate o inghisate alle strutture, compreso gli accessori di posa;
- c) interrate:** la selezione del materiale fino, la regolarizzazione del fondo scavo, la preparazione del letto di posa, il rivestimento ed il successivo reinterro con il materiale di risulta.

I pezzi speciali saranno computati ragguagliandoli al tubo di pari diametro, secondo le seguenti misure:

- 1,00 m per curve, gomiti e cappellotti terminali;
- 1,25 m per braghe semplici e giunti a squadra;
- 1,75 m per braghe doppie e giunti a croce;
- 6,00 m per braghe multiple e sifoni;
- 1,00 m del diametro minore per riduzioni.

34.2 Tubazioni in PVC rigido

Saranno computate a metro di lunghezza effettiva, compresi gli oneri previsti nei relativi articoli di Elenco Prezzi.

34.2.1 Tubazioni in polietilene ad alta densità (omissis)

34.3 Tubi in cemento pressato per fognature

Saranno computati a metro di lunghezza effettiva, compresi gli oneri previsti nei relativi articoli di Elenco Prezzi.

34.4 Pozzetti (omissis)

34.5 Vasche (omissis)

34.6 Le canne fumarie (omissis)

Art. 35 *Infissi (omissis)*

Art. 36 *Impianto idrico – sanitario (omissis)*

Art. 37 *Tubazioni di acciaio zincato (omissis)*

Art. 38 *Impianto di riscaldamento – condizionamento (omissis)*

Art. 39 *Impianto elettrico, telefonico, antenna TV (omissis)*