

DIREZIONE 5° TRONCO - ROMA

AUTOSTRADA A1 MILANO - NAPOLI TRATTO FROSINONE-FABRO DIRAMAZIONE ROMA SUD, DIRAMAZIONE ROMA NORD

INTERVENTI DI RIQUALIFICA DELLE BARRIERE
DI SICUREZZA PER GLI SVINCOLI AUTOSTRADALI DI:
FROSINONE, ANAGNI, COLLEFERRO, VALMONTONE, FABRO,
MONTEPORZIO C., TORRENOVA, SETTEBAGNI

PROGETTO ESECUTIVO

DOCUMENTI TECNICO-AMMINISTRATIVI

OGGETTO ELABORATO: CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - PARTE 2	AUTOSTRADA: A1	Nr. PROGRESSIVO: 43	SCALA: -
		CODICE ELABORATO: DTA.001-b	

COMMESSA:	DATA:	REVISIONE:
04.20.I.PR/CSP	05/01/2021	1



ABICert
Ente di certificazione
UNI EN ISO 9001:2015
Certificato n. QBC711
IF3A Regolamento Tecnico RT21

ALE CONSULTING S.r.l. unico socio
Viale Roma, 10 - 03012 Anagni (FR)
Via del Lavoro, 71 - 40033 Casalecchio di Reno (BO)
Via G. Galtieri, 10 - Grumo Appula (BA)
Tel: +39 051 573578 - +39 0775 727270 email: segreteria@aleconsulting.it
C.F./P.Iva 02392500605
Web : www.aleconsulting.it

IL PROGETTISTA :

Ing. Umberto Rosatella



REVISIONE:

N.	DATA
0	08/2020
1	05/01/2021

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO PARTE 2

QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI (PARTE I)

PARTE I	5
QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI	5
Art. 1 Qualità, provenienza e impiego dei materiali	5
1.1 Accettazione dei materiali	5
1.2 Conformità e Non Conformità al Capitolato Speciale	6
1.3 Impiego dei materiali	6
1.4 Provvista dei materiali	7
1.5 Sostituzione dei luoghi di provenienza dei materiali previsti in contratto	7
1.6 Difetti di costruzione	7
Art. 2 Dichiarazione di conformità e marcatura CE	8
2.1 Marcatura CE - Materiali	8
2.2 Marcatura CE - Macchinari	8
MATERIALI	9
Art. 1 Elementi in Vettoresina (omissis)	10
Art. 2 Palancole (omissis)	10
Art. 3 Armatura di micropali, infilaggi e jet-grouting (omissis)	10
Art. 4 Centine metalliche per pozzi o gallerie (omissis)	10
Art. 5 Trefoli per tiranti (omissis)	10
Art. 6 Fanghi bentonitici (omissis)	10
Art. 7 Geotessili (omissis)	10
Art. 8 Manufatti tubolari in lamiera ondulata (omissis)	10
Art. 9 Gabbioni e materassi metallici (omissis)	10
Art. 10 Tubazioni idrauliche (omissis)	10
Art. 11 Pozzetti idraulici (omissis)	10
Art. 12 Difese spondali (omissis)	10
Art. 13 Cemento	11
Art. 14 Aggregati per c.a.	11
Art. 15 Acqua di impasto	14

Art. 16	Acciaio per c.a.	15
Art. 17	Reti in barre di acciaio elettrosaldate	16
Art. 18	Acciaio per c.a.p.	16
Art. 19	Acciaio per strutture metalliche	17
Art. 20	Misto granulare non legato per fondazione	17
Art. 21	Conglomerati bituminosi	18
Art. 22	Conglomerati bituminosi fresati	19
Art. 23	Acciaio Inossidabile	19
Art. 24	Acciai zincati	19

PARTE I

QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI

Art. 1 Qualità, provenienza e impiego dei materiali

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

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 prescriverne uno diverso, ove ricorrano ragioni di necessità o convenienza.

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

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 Centine metalliche per pozzi o gallerie (omissis)

Art. 5 Trefoli per tiranti (omissis)

Art. 6 Fanghi bentonitici (omissis)

Art. 7 Geotessili (omissis)

Art. 8 Manufatti tubolari in lamiera ondulata (omissis)

Art. 9 Gabbioni e materassi metallici (omissis)

Art. 10 Tubazioni idrauliche (omissis)

Art. 11 Pozzetti idraulici (omissis)

Art. 12 Difese spondali (omissis)

Art. 13 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. 14 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 1367-1 EN	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 1097-7 EN	< 1%
Resistenza alla abrasione	Los Angeles	CNR 34 e UNI 1097-2 EN	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 1367-2	EN	perdita di massa dopo 5 cicli $\leq 10\%$
-----------------------------	--------------------------------------	------------	----	---

CARATTERISTICHE	PROVE	NORME	LIMITI DI ACCETTABILITÀ
Presenza di gesso solfati solubili	Analisi chimica degli aggregati	UNI 1744-1 EN	$SO_3 \leq 0,1\%$
Contenuto di polveri	Aggr. grosso non frantumato o frantumato da depositi alluvionali	Passante a 0,063 mm, UNI 933-2 EN	$\leq f_{1,5}$
	Aggr. grosso frantumato da roccia		$\leq f_{4,0}$
	Sabbia non frantumata		$< f_{3,0}$
	Sabbia frantumata		$< f_{10}$
Equivalente in sabbia e valore di blu		UNI 933-8-9 EN	ES ≥ 80 MB ≤ 1 g/kg di sabbia
Presenza di pirite, marcasite, pirrotina	Analisi petrografica	UNI 932-3 EN	assenti
Presenza di sostanze organiche	Determinazione colorimetrica	UNI 1744-1 EN	Per aggregato fine: colore della soluzione più chiaro dello standard di riferimento
Presenza di forme silice reattive,	- prova accelerata su provini di malta	UNI 8520-22	Espansione $< 0,1\%$

incluso quarzo ad estinzione ondulata	- metodo del prisma di malta (se è superato il limite per la prova	Espansione < 0,05% a 3 mesi oppure < 0,1% a 6 mesi
---	---	--

CARATTERISTICHE	PROVE	NORME	LIMITI DI ACCETTABILITÀ
	accelerata)		
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 UNI EN 933-4	FI e SI ≥ 0,15 (D _{max} =32 mm) FI e SI ≥ 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. 15 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 aggotamento 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. 16 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 (NTC 2018) 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. 17 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. 18 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 (NTC 2018):

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. 19 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 norme EN 10025 (è ammesso l'uso di acciai CORTEN).

Art. 20 Misto granulare non legato per fondazione

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

- l'aggregato non deve avere né forma appiattita, allungata o lenticolare;
- 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

- 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.
- 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. 21 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. 22 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. 23 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. 24 Acciai zincati

Profilati, lamiera 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 lamiera 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.

NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI (PARTE II)

PARTE II	1
NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI	1
Art. 1 Scavi	3
1.1 Norme generali	3
1.1.1 Definizioni e generalità	3
1.1.2 La geometria degli scavi	3
1.1.3 Puntellature, franamenti, scavo per campioni	4
1.1.4 Disboscamento e regolazione delle acque	5
1.1.5 Materiali di risulta: riutilizzo e sistemazione a deposito	5
1.1.6 Scavi con esplosivi (omissis)	6
1.2 Scavi di sbancamento	6
1.3 Scavi di fondazione (omissis)	6
1.4 Scavi subacquei e scavi all'asciutto (omissis)	6
Art. 2 Demolizioni e Rimozioni	6
2.1 Demolizione di murature, fabbricati e strutture	6
2.1.1 Mezzi da impiegare	6
2.1.2 Criteri e precauzioni	7
2.1.3 Demolizioni su autostrada in esercizio	8
2.1.4 Idrodemolizioni	8
2.2 Demolizione di pavimentazione in conglomerato bituminoso (omissis)	9
2.3 Rimozioni	9
Art. 3 Rilevati	10
3.1 Definizioni e premesse di carattere generale	10
3.1.1 Definizioni	10
3.1.2 Premesse di carattere generale	12
3.1.3 Normativa di riferimento	14
3.2 Aggregati per la formazione dei rilevati	16
3.2.1 Provenienza dei materiali	16
3.2.2 Prove sui materiali	18
3.2.3 Documentazione soggetta ad approvazione	20
3.3 Preparazione del piano di posa dei rilevati	22
3.3.1 Scotico, bonifica, gradonature e trincee drenanti	22
3.3.2 Caratteristiche del piano di posa e della soprastruttura in rilevato	26
3.3.3 Strato anticapillare e strati rinforzati	28
3.3.3.1 Strato granulare anticapillare	28
3.3.3.2 Geotessile non tessuto di separazione	29
3.3.3.3 Geotessile e/o geogriglia con funzione di armatura degli strati di rilevato a grana grossa	31
3.3.4 Prove di controllo sui piani di posa	31
3.4 Formazione del rilevato	32
3.4.1 Generalità, caratteristiche e requisiti dei materiali	32
3.4.1.1 Rilevati autostradali	38
3.4.1.2 Rilevati in terra "Armata" o "Rinforzata"	40
3.4.1.3 Rilevati di precarico e riempimenti	43
3.4.2 Costruzione del rilevato	43

3.4.2.1	Stesa dei materiali	43
3.4.2.2	Compattazione	45
3.4.2.3	Condizioni climatiche avverse	47
3.4.2.4	Rilevati di prova	47
3.4.2.5	Prove di controllo	49
3.5	Trattamenti delle terre con calce	50
3.5.1	Materiali	51
3.5.1.1	Terreni/aggregati naturali	51
3.5.1.2	Calce	52
3.5.1.3	Acqua	53
3.5.2	Studi e Prove preliminari	53
3.5.2.1	Indagini sui terreni naturali	53
3.5.2.2	Indagini calce e terreno	54
3.5.2.3	Campi prova	56
3.5.3	Modalità esecutive	58
3.5.3.1	Prescrizioni generali	58
3.5.3.2	Attrezzature	58
3.5.3.3	Preparazione del terreno naturale	59
3.5.3.4	Stesa del terreno naturale	59
3.5.3.5	Stesa della calce	60
3.5.3.6	Miscelazione	60
3.5.3.7	Compattazione	61
3.5.3.8	Prove di controllo	62
3.6	Documentazione dei lavori	63
Art. 4	Palancole tipo Larssen (omissis)	63
Art. 5	Diaframmi in cemento armato (omissis)	63
Art. 6	Pali di fondazione (omissis)	63
Art. 7	Trattamenti colonnari (omissis)	63
Art. 8	Dreni (omissis)	63
Art. 9	Tiranti di ancoraggio nei terreni (omissis)	63
Art. 10	Bulloni e chiodi (all'aperto ed in sotterraneo) (omissis)	63
Art. 11	Lavori in sotterraneo (omissis)	63
Art. 12	Monitoraggio (omissis)	64
Art. 13	Dispositivi per lo smaltimento dell'acqua dagli impalcati	64
13.1	Campo di applicazione	64
13.2	Materiali	64
13.2.1	Griglie	64
13.2.2	Bocchettoni	64
13.2.3	Collettori	64
13.3	Posa in opera	64
13.4	Controlli ed accettazione	65

13.5	Controlli in cantiere	65
Art. 14	Manufatti tubolari in lamiera d'acciaio ondulata (omissis)	65
Art. 15	Gabbioni e materassi metallici (omissis)	65
Art. 16	Sistemi di drenaggio del corpo autostradale (omissis)	65
Art. 17	Difese spondali (omissis)	65
Art. 18	Drenaggi (omissis)	65
Art. 19	Conglomerati cementizi semplici e armati (normali e precompressi)	65
19.1	Materiali	65
19.1.1	Aggregati	65
19.1.2	Additivi	69
19.1.2.1	Additivi fluidificanti e superfluidificanti	69
19.1.2.2	Additivi aeranti	70
19.1.2.3	Additivi ritardanti e acceleranti	71
19.1.3	Aggiunte	72
19.1.3.1	Ceneri volanti	72
19.1.3.2	Silice ad alta superficie specifica (Fumo di silice)	74
19.1.3.3	Filler	75
19.2	Durabilità dei conglomerati cementizi	75
19.3	Tipi e classi dei conglomerati cementizi	77
19.4	Qualifica preliminare dei conglomerati cementizi	78
19.4.1	Dossier di Prequalifica	79
19.4.2	Qualifica all'impianto	80
19.4.3	Autorizzazione ai getti	81
19.5	Controlli in corso d'opera	82
19.5.1	Resistenza dei conglomerati cementizi	83
19.5.1.1	Controlli di accettazione con metodo Tipo A	84
19.5.1.2	Controlli di accettazione con metodo Tipo B	84
19.5.2	Non conformità dei controlli di accettazione	84
19.6	Tecnologia esecutiva delle opere	85
19.6.1	Confezione dei conglomerati cementizi	86
19.6.2	Getti in clima freddo	87
19.6.2.1	Mantenimento della temperatura del calcestruzzo per evitare il congelamento	87
19.6.2.2	Coibentazione	88
19.6.2.3	Protezione	89
19.6.2.4	Requisito di resistenza	89
19.6.2.5	Ulteriori precauzioni	90
19.6.2.6	Misure di temperatura	90
19.6.3	Getti clima caldo	90
19.6.4	Getti massicci	91
19.6.5	Getti di lunghezza elevata	91
19.6.6	Trasporto e consegna	92
19.6.7	Prova sui materiali e sul conglomerato cementizio fresco	93
19.6.8	Casseforme e posa in opera	95
19.6.9	Compattazione	97

19.6.10	Riprese di getto	98
19.6.11	Prevenzione delle fessure da ritiro plastico	99
19.6.12	Disarmo e scasseratura	100
19.6.13	Protezione dopo la scasseratura	100
19.6.14	Maturazione accelerata a vapore	101
19.6.15	Predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature, oneri vari	102
19.6.16	Predisposizione delle armature per c.a.	102
19.6.17	Armatura di precompressione	103
19.7	Calcestruzzo Reodinamico SCC	104
19.8	Calcestruzzi leggeri	105
19.8.1	Calcestruzzo leggero strutturale	105
19.8.2	Calcestruzzo leggero non strutturale e cellulare	106
19.9	Calcestruzzo proiettato (CP)	106
19.9.1	Tipi di calcestruzzo proiettato	106
19.9.2	Composizione del calcestruzzo proiettato	107
19.9.3	Qualifica e controlli	108
19.10	Calcestruzzo fibrorinforzato per rivestimenti	110
19.11	Calcestruzzo ad alta resistenza	112
19.12	Elementi prefabbricati	112
19.12.1	Prefabbricati prodotti in stabilimento	112
19.12.2	Produzione di prefabbricati a piè d'opera	113
19.13	Protezione catodica delle solette d'impalcato di ponti e viadotti	114
19.14	Allegato 20.1 Classi di esposizione secondo la UNI 11104	115
19.15	Allegato 20.2 - Guida alla scelta delle classi di esposizione per manufatti autostradali	117
Art. 20	Conglomerati cementizi fibrorinforzati	124
Art. 22	Iniezione nei cavi di precompressione (omissis)	163
Art. 23	Ripristino/adeguamento d'elementi strutturali in conglomerato cementizio	163
23.1	Materiali per il ripristino di superfici degradate	163
23.1.1	Generalità	163
23.1.2	Definizione dei materiali per il ripristino	164
23.1.3	Tecniche d'intervento e scelta dei materiali	168
23.2	Requisiti e metodi di prova dei materiali	174
23.2.1	Scelta dei metodi di prova	176
23.3	Accettazione e specifiche prestazionali dei materiali per interventi di ripristino/adeguamento	179
23.4	Trattamenti prima del ripristino/adeguamento e fasi esecutive	185
23.4.1	Asportazione del calcestruzzo degradato	187
23.4.2	Pulizia delle armature	188
23.4.3	Posizionamento di armature aggiuntive	188
23.4.4	Posizionamento della rete elettrosaldata di contrasto	188
23.4.5	Pulizia e saturazione della superficie di supporto	189

23.4.6	Applicazione dei materiali di ripristino	190
23.4.7	Frattazzatura o staggiatura	191
23.4.8	Stagionatura	192
23.5	Prove e controlli	192
23.5.1	Macchinari e Attrezzature	193
23.5.2	Malte	193
23.5.3	Calcestruzzi	195
Art. 24	Sistemi protettivi per strutture in conglomerato cementizio	203
24.1	Sistemi protettivi filmogeni	203
24.1.1	Generalità	203
24.1.2	Definizione e scelta dei sistemi protettivi	204
24.2	Requisiti e metodi di prova	206
24.3	Accettazione e specifiche prestazionali dei sistemi protettivi	207
24.4	Preparazione del supporto e modalità d'applicazione del sistema protettivo	209
24.5	Prove, controllo delle prestazioni e degli spessori, penali	211
Art. 25	Acciaio per c.a. e c.a.p.	212
25.1	Generalità	212
25.2	Acciaio in barre ad aderenza migliorata qualificato - Fe B450C e B450A (ex Fe B44K)	213
25.2.1	Controlli	214
25.2.2	Connessioni tra le barre	215
25.3	Reti in barre di acciaio elettrosaldate	215
25.4	Zincatura a caldo degli acciai	216
25.4.1	Qualità degli acciai da zincare a caldo	216
25.4.2	Zincatura a caldo per immersione	216
25.4.2.1	Trattamento preliminare	216
25.4.2.2	Immersione in bagno di zinco	216
25.4.2.3	Finitura ed aderenza del rivestimento	216
25.4.2.4	Verifiche	217
25.4.2.5	Qualificazione	218
25.4.2.6	Lavorazione	218
25.5	Acciai inossidabili	219
25.6	Acciaio per c.a.p.	219
25.6.1	Fili, barre, trecce, trefoli	220
25.6.1.1	Caratteristiche dinamiche, fisiche e geometriche.	220
25.6.1.2	Controlli nei centri di trasformazione	221
25.6.1.3	Controlli di accettazione in cantiere	221
25.6.2	Cavo inguainato monotrefolo	221
25.6.3	Ancoraggi dell'armatura di precompressione	222
Art. 26	Acciaio per carpenteria (omissis)	222
Art. 27	Apparecchi d'appoggio e dispositivi antisismici (omissis)	222
Art. 28	Giunti di dilatazione su opere d'arte (omissis)	222
Art. 29	Rinforzo strutturale con materiali compositi fibrosi	

(omissis)	222
Art. 30 Misto granulare non legato per fondazione (omissis)	222
Art. 31 Fondazioni a legante idraulico (omissis)	222
Art. 32 Pavimentazioni in conglomerato bituminoso (omissis)	222
Art. 33 Strutture di sostegno e contenimento in elementi prefabbricati (omissis)	222
Art. 34 Impermeabilizzazione di opere d'arte	222

34.1	Norme Generali	222
34.2	Manto con membrana elastica continua in materiale epossipoliuretano (omissis)	224
Art. 35	Impermeabilizzazione della superficie di estradosso delle gallerie artificiali (omissis)	224
Art. 36	Segnaletica verticale e orizzontale (omissis)	224
Art. 37	Sistemi antirumore (omissis)	224
Art. 38	Barriere di sicurezza	224
38.1	Premessa	
38.1.1.1	Finalità dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali	226
38.1.1.2	Individuazione delle zone da proteggere	226
38.1.1.3	Conformità dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali e loro installazione	227
38.1.1.4	Documentazione "as built" da presentare al termine dei lavori	229
38.2	Barriere metalliche	229
38.2.1	Accettazione dei materiali	230
38.2.2	Qualità dei materiali	230
38.2.3	Modalità d'esecuzione	230
38.2.3.1	Barriere infisse a bordo laterale e spartitraffico	232
38.2.3.2	Barriere per opere d'arte	234
38.2.3.3	Barriere mobili per chiusura varchi dello spartitraffico centrale	234
38.2.4	Prove - penali	235
38.3	Barriere prefabbricate a profilo New Jersey	237
38.3.1	NJ in spartitraffico	237
38.3.2	NJ bordo opera	237
38.3.3	Caratteristiche tecniche	237
38.3.4	Materiali	238
38.3.4.1	Conglomerato cementizio	238
38.3.4.2	Acciaio	238
38.3.5	Posa in opera	238
38.3.5.1	Barriera spartitraffico "monofilare"	238
38.3.5.2	Barriera laterale parapetto	239
38.3.5.3	Posa in corrispondenza dei giunti di dilatazione	240
38.3.5.4	Verifiche	241
38.3.6	Corrimano metallico strutturale	242
38.3.6.1	Resistenze strutturali e protezione dei materiali	243
38.3.6.2	Posa in opera	243
38.3.6.3	Prove sui materiali	243
38.4	Barriere in acciaio a profilo New Jersey	244
38.4.1	Materiali	245
38.4.2	Zincatura	245
38.4.3	Verniciatura protettiva	246
38.4.4	Collaudo delle barriere	246
38.5	Attenuatori frontali	247

Art. 39	Recinzioni metalliche (omissis)	247
Art. 40	Opere in verde (omissis)	247
Art. 41	Murature (omissis)	247
Art. 42	Intonaci (omissis)	247
Art. 43	Solai (omissis)	248
Art. 44	Controsoffitti (omissis)	248
Art. 45	Coperture (omissis)	248
Art. 46	Mantovane (omissis)	248
Art. 47	Pareti in pannelli prefabbricati (omissis)	248
Art. 48	Pareti divisorie mobili (omissis)	248
Art. 49	Controfodere (omissis)	248
Art. 50	Isolamenti (omissis)	248
Art. 51	Rivestimenti (omissis)	248
Art. 52	Vespai (omissis)	248
Art. 53	Pavimenti (omissis)	248
Art. 54	Canali di gronda, pluviali, scossaline, ecc.	248
54.1	Norme generali	248
54.2	Bocchettoni	248
54.3	Canali di Gronda, Foderature, Converse, Scossaline	249
54.4	Pluviali	249
54.5	Strutture e lattonerie in acciaio inox	249
Art. 55	Rivestimenti in alluminio e leghe leggere di alluminio	250
Art. 56	Infissi (omissis)	250
Art. 57	Tinteggiature e verniciature (omissis)	250
Art. 58	Impianti (omissis)	250

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:

- "NTC 2018";
- "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.

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

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

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

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 nelle 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(omissis)

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 (omissis)

1.4 Scavi subacquei e scavi all'asciutto (omissis)

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 rinterri, devono essere eseguite in linea con le prescrizioni delle altre sezioni del capitolato.

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

L'idrodemolizione di strati di conglomerato cementizio su strutture di ponti e viadotti dovrà essere effettuata con l'impiego di idonee attrezzature atte ad assicurare getti d'acqua a pressione modulabile fino a 1500 bar, con portate fino a 300 l/min, regolabili per quanto attiene la velocità operativa. In ogni caso la Direzione Lavori potrà, qualora lo ritenga opportuno, richiedere prove preventive alle operazioni di asportazione (piccoli campi prova) al fine di tarare la pressione, portata d'acqua e velocità operativa della macchina per l'idrodemolizione.

Gli interventi dovranno risultare selettivi ed asportare gli strati di conglomerato degradati, secondo le indicazioni fornite dalla Direzione Lavori.

L'Appaltatore dovrà provvedere all'approvvigionamento dell'acqua occorrente per la demolizione del materiale e la pulizia della superficie risultante. Le attrezzature impiegate dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione Lavori; dovranno essere dotate di sistemi automatici di comando e controllo a distanza, nonché di idonei sistemi di sicurezza contro la proiezione del materiale demolito, dovendo operare anche in presenza di traffico. Dovranno rispondere inoltre alle vigenti norme di Legge in materia antinfortunistica, alle quali l'Appaltatore dovrà uniformarsi in sede operativa.

2.2 Demolizione di pavimentazione in conglomerato bituminoso (omissis)

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 $<19.6 \text{ kN/m}^3$ e con pesi di volume del materiale allo stato sciolto $<11.8 \text{ kN/m}^3$.

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.

Md1:

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
- 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 M_d 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.

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 solfuri. 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;
- 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 interrato 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 trascinarsi 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 $0,5 \pm 1,5$ 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 soprastruttura 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

In relazione alle locali caratteristiche idrogeologiche, nonché alla natura dei materiali costituenti il rilevato, quando previsto in Progetto e/o quando le indagini di cui all'articolo 3.1.2 lo rendessero necessario, al di sopra del piano di scotico sarà eseguita:

- la stesa di uno strato granulare con funzione anticapillare;
- la stesa di uno strato di geotessile non tessuto con funzione di separazione;
- la stesa di uno o più strati di geotessili (tessuto e/o griglie), con funzione di rinforzanti costituenti il corpo del rilevato.

3.3.3.1 Strato granulare anticapillare

Lo strato dovrà avere uno spessore compreso tra 0,3÷0,5 m; sarà composto da aggregati naturali, riciclati o misti aventi granulometria assortita da 2÷50 mm, con passante al vaglio da 2 mm non superiore al 15% in peso e comunque con un passante al vaglio UNI 0,075 mm non superiore al 3%. Nel caso di impiego di aggregati riciclati dovranno essere rispettate anche le prescrizioni contenute nell'Allegato C5 della circolare n° 5205 del 15/7/2005.

Sarà possibile l'impiego di materiali di diversa granulometria solo nei casi in cui l'Appaltatore, seguendo le indicazioni della Direzione Lavori esegua una sperimentazione volta a dimostrare che la massima altezza di risalita capillare non supera la metà dello strato anticapillare stesso.

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

A compattazione avvenuta i materiali dovranno presentare una densità pari o superiore al 90% della densità massima individuata dalle prove di compattazione AASHTO Modificata.

Qualora gli strati di rilevato siano costituiti da terre appartenenti ai gruppi A2-6, A2-7, tra tali strati e l'anticapillare sarà interposto uno strato di geotessile.

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 provvisoriale;
- 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

Per gli strati di geotessile o geogriglia con funzione di armatura degli strati di rilevato a grana grossa si rimanda a quanto indicato nell'articolo 3.4.1.2.

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

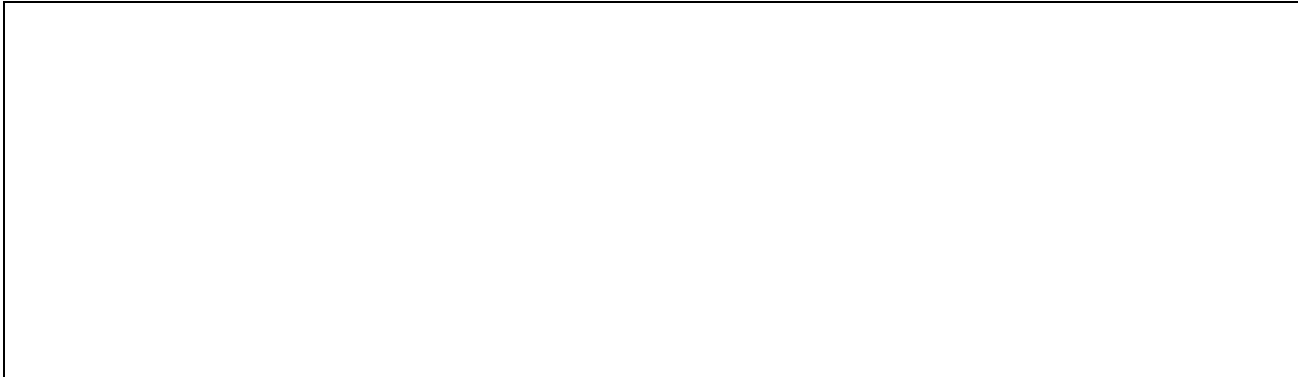
Classificazione generale	Terre ghiaio-argillose Frazione passante al setaccio 0,063 UNI 2332<35%							Terre limo-argillo e Frazione passante al setaccio 0,063 UNI 2332>35%					Torbe e terre organiche palustri
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7		
Sottogruppo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6	
Analisi 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

Indice di gruppo	0	0	0	≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20		
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane	Sabbia fine	Ghiaia e sabbia limosa o argillosa	Limi poco compressib.	Limi fortemente compressib.	Argille poco compressibili	Argille fortemente compressibili	Argille fortemente compressibili	Argille fortemente compressibili	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 (metali, 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%
Equivalente 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



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

Di norma dovranno essere impiegati aggregati naturali, riciclati o misti appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3, fatta eccezione per l'ultimo strato di 30 cm (sottofondo), ove dovranno essere impiegati di norma aggregati naturali appartenenti ai gruppi A1-a e A3. Per l'ultimo strato è facoltà della Direzione Lavori accettare materiali differenti purchè il loro impiego sia suffragato da adeguate analisi sulla natura e distribuzione granulometrica degli stessi e, fatto salvo il rispetto dei requisiti prestazionali indicati all'articolo 3.3.2. (modulo di deformazione e densità). Nel caso di impiego di aggregati riciclati dovranno essere rispettate anche le prescrizioni riportate nella Tabella 2. Per lo strato di sottofondo non sarà ammesso l'impiego di rocce frantumate con pezzature grossolane; l'impiego di rocce frantumate è ammesso nella restante parte di rilevato (a partire dal piano di scotico o di bonifica) se di natura non geliva, se stabili con le variazioni del contenuto d'acqua e se tali da presentare pezzature massime non eccedenti i 20 cm. Il materiale la cui dimensione sia compresa tra 7 e 20 cm deve essere di pezzatura disuniforme e non deve costituire più del 30% del volume di rilevato. In ogni caso il rapporto tra il passante al setaccio D_{60} ed il passante al setaccio D_{10} dovrà essere maggiore di 15.

Nel caso di aggregati del gruppo A3 il rapporto D_{60}/D_{10} dovrà risultare almeno superiore a 7. Di norma la dimensione delle massime pezzature ammesse non dovrà superare i due terzi dello spessore dello strato compattato. I materiali impiegati dovranno essere del tutto esenti da frazioni o componenti vegetali, organiche e da elementi solubili, gelivi o comunque instabili nel tempo. Non è ammesso l'utilizzo di aggregati provenienti da formazioni di origine vulcanica se non indicato nel Progetto o autorizzato dalla Direzione Lavori.

Gli aggregati impiegati dovranno essere del tutto esenti da frazioni o componenti vegetali, organiche e da elementi solubili, gelivi, frantumabili o comunque instabili nel tempo (esempio: rocce argilloso-scistose). L'idoneità del materiale nei confronti della frantumabilità dovrà essere provata mediante prove di laboratorio preliminari, condotte su campioni prelevati prima e dopo la compattazione in sito.

Nel caso di impiego di aggregati industriali alleggeriti dovranno essere rispettate le prescrizioni indicate nel Progetto. In ogni caso non sarà

ammesso l'impiego di aggregati industriali alleggeriti per la formazione di sottofondi. A compattazione avvenuta i materiali dovranno presentare una densità pari o superiore al 90% della densità massima individuata dalle prove di compattazione AASHTO T/180-57, salvo per l'ultimo strato di 30 cm costituente il sottofondo, che dovrà presentare una densità pari o superiore al 95% sempre della densità massima individuata dalle prove di compattazione AASHTO T/180-57. L'intero corpo del rilevato dovrà in ogni caso essere protetto, sulle scarpate e sulle banchine non carreggiabili, dall'azione diretta degli agenti atmosferici, mediante inerbimento e piantagioni e, se necessario, con l'apporto di uno strato di terreno vegetale.

Impiego di terre appartenenti ai gruppi A2-6, A2-7; A6, A7

Saranno impiegate terre appartenenti ai gruppi A2-6, A2-7, solo se:

- provenienti dagli scavi e se previsto nel Progetto; il loro utilizzo è previsto per la formazione di rilevati soltanto al di sotto di 2,0 m dal piano di posa della soprastruttura, previa sovrapposizione ad uno strato anticapillare di spessore non inferiore a 30 cm. Il grado di densità e la percentuale di umidità secondo cui costipare i rilevati formati con materiale dei gruppi in oggetto, dovranno essere preliminarmente determinati. Quanto sopra allo scopo di contenere entro limiti minimi fenomeni di ritiro e di rigonfiamento dei materiali. In ogni caso lo spessore degli strati sciolti, prima della compattazione, non dovrà superare 30 cm ed il materiale dovrà essere convenientemente disaggregato.
- stabilizzate a calce, secondo le modalità di cui all' articolo 3.5 (trattamento delle terre con calce);
- per l'impiego delle terre appartenenti ai gruppi A6 ed A7 vale quanto prescritto all' articolo 3.5 (trattamento delle terre con calce).

Resta inteso che per le viabilità interferite o compensative di pertinenza non autostradale, e comunque destinate ad essere al termine dei lavori trasferite nelle competenze delle Amministrazioni Locali, le prescrizioni contenute nel presente articolo sono da ritenersi valide, fatte salve più restringenti disposizioni contenute nei Capitolati Speciali d'Appalto adottati dalle stesse Amministrazioni nei propri interventi. Qualora le prescrizioni dei Capitolati Speciali delle Amministrazioni Locali sanciscano parametri meno prestazionali di quelli indicati nel

presente articolo, eventuali deroghe possono essere concesse dalla Direzione Lavori, alla luce delle caratteristiche della viabilità interferita o compensativa, sentito comunque il Parere degli Organi Tecnici delle Amministrazioni interessate

3.4.1.2 Rilevati in terra "Armata" o "Rinforzata"

In generale valgono le prescrizioni di cui all'articolo 3.4.1.1, con le seguenti ulteriori aggiunte.

Dovranno essere impiegati solo aggregati naturali di cava o di scavo appartenenti ai gruppi A1, A3, A2-4 e A2-5.

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

Gli aggregati impiegati dovranno essere del tutto esenti da frazioni o componenti vegetali, organiche e da elementi solubili, gelivi, frantumabili o comunque instabili nel tempo. L'idoneità del materiale nei confronti della frantumabilità dovrà essere provata mediante prove di laboratorio preliminari, condotte su campioni prelevati prima e dopo la compattazione in sito.

L'Appaltatore è altresì tenuto a garantire che le proprietà degli aggregati utilizzati siano conformi anche nei confronti di:

- fenomeni di aggressività e danneggiamento degli elementi di rinforzo e dell'eventuale facciata;
- attrito e coesione previsti in Progetto;

secondo quanto riportato in Progetto, in accordo ai dettami della norma UNI EN 14475, Marzo 2006 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Terra rinforzata".

Analoghe garanzie dovranno essere fornite per il terreno naturale, nei casi in cui gli elementi di rinforzo siano a contatto con esso, e per l'acqua di falda, qualora essa sia prossima al piano di fondazione e possa quindi venire ad interessare il materiale costituente il rilevato rinforzato.

La massima dimensione delle particelle dell'aggregato utilizzato non dovrà superare il valore indicato in Progetto, definito in funzione dello

spessore degli strati di aggregato, della spaziatura degli elementi di rinforzo, delle dimensioni degli eventuali elementi di facciata, della tipologia degli elementi di rinforzo e della necessità di contenere entro limiti minimi il danneggiamento prodotto dalla messa in opera. Viene del tutto esclusa la possibilità di impiegare materiali con pezzature superiori ai 150 mm.

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

La compattazione di detti aggregati dovrà risultare tale da garantire una densità non inferiore al 95% della densità massima individuata mediante la prova AASHTO Modificata.

Gli elementi di rinforzo messi in opera dovranno essere identificati ed ispezionati in dettaglio al fine della dichiarazione di conformità alle caratteristiche richieste che dovrà essere documentata.

Qualora venga previsto l'uso di geosintetici, per i materiali impiegati dovranno essere preliminarmente verificate le seguenti condizioni:

- PH compreso tra 3 e 9, per geosintetici costituiti da fibre di PET ancorchè ricoperte
- PH > 3 per geosintetici costituiti da poliolefine (HDPE o PP) e da fibre in PVA-L

Nel caso di impiego di armature metalliche, per i materiali impiegati dovranno essere preliminarmente verificate le seguenti condizioni:

- contenuto in sali;
- solfuri, del tutto assenti;
- solfati, solubili in acqua, minori di 500 mg/kg;
- cloruri, minori di 100 mg/kg;
- pH, compreso tra 5 e 10 (il che preclude l'utilizzo dei terreni trattati a calce e cemento);
- resistività elettrica superiore a 1.000 ohmxcm per opere all'asciutto, superiore a 3.000 ohmxcm per opere immerse in acqua;
- contenuto organico minore dell'1%.

In presenza di terre armate e/o rinforzate, relative ad opere di pertinenza non autostradale o comunque ad opere di carattere provvisorio (vita utile

minore di 2 anni), che ricorrono ad elementi di rinforzo di

tipo metallico rivestito con leghe di zinco e protetto con rivestimento plastico, è possibile il ricorso a terre stabilizzate con tecniche che portino il ph a valori superiori a 10; l'utilizzo è subordinato all'esecuzione di un numero adeguato di campi prova in grado di dimostrare che i terreni che si intendono utilizzare, in fase di stesa e di compattazione non determinino alcun danneggiamento al rivestimento plastico. I campi prova, da realizzarsi a cura e spese dell'appaltatore sotto la supervisione della D.L., dovranno essere eseguiti prevedendo il ricorso a terreni con caratteristiche granulometriche e di natura e forma degli elementi che costituiscono lo scheletro solido identiche al materiale che si intende utilizzare, impiegando, modalità di stesa e compattazione identiche a quelle di realizzazione dell'opera di sostegno. Tutte le operazioni di movimentazione e stoccaggio degli elementi di rinforzo dovranno avvenire nel rispetto delle specifiche di Progetto e delle raccomandazioni del fornitore.

Ogni elemento di rinforzo sarà steso su una superficie perfettamente regolare, priva di materiali che possano arrecare danneggiamenti; se necessaria la stesa sarà realizzata previa messa in opera di materiale sabbioso compattato. La stesa del geosintetico avverrà (se non diversamente indicato in Progetto) perpendicolarmente all'asse del rilevato, senza giunzioni e con risvolto eventualmente indicato nel Progetto; la sovrapposizione in direzione longitudinale sarà quella indicata in Progetto.

Nel caso di elementi di rinforzo caratterizzati da resistenze a trazione differenti nelle varie direzioni la stesa avverrà conformemente all'orientazione specificata in Progetto, e comunque tale da garantire adeguata sovrapposizione degli elementi di rinforzo eventualmente prevedendo strati aggiuntivi con opportuna orientazione.

Al fine di minimizzare le deformazioni necessarie alla mobilitazione della resistenza a trazione, gli elementi di rinforzo saranno stesi sottoponendoli ad un leggero tiro e tenuti in quella posizione prima della messa in opera dello strato di aggregato che avverrà entro il tempo specificato in Progetto, comunque non oltre 24 ore dalla stesa dell'elemento di rinforzo.

Gli elementi di rinforzo 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.

La sequenza di messa in opera dello strato di aggregato sugli elementi di rinforzo poggianti su terreni a grana fine teneri dovrà avvenire in accordo alle specifiche di Progetto, e comunque in modo tale che non venga procurata la rottura del terreno di fondazione e la formazione di fenomeni di sollevamento ("bow waves") che possono danneggiare gli elementi di rinforzo; tale fenomeno andrà evitato, eventualmente riducendo al minimo lo spessore di aggregato messo in opera per la transitabilità dei mezzi.

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

L'Appaltatore procederà all'esecuzione di rilevati di prova in tali circostanze:

- quando sono previsti in Progetto; in tale caso verranno rispettate le specifiche di Progetto;
- su ordine della Direzione Lavori, per verificare l'idoneità di materiali diversi da quelli specificati in Progetto o negli articoli del presente Capitolato Speciale, esempio: materiali a pezzatura

grossolana (pietrame), materiali a grana fine (appartenenti ai gruppi A2-6 e A2-7) ed a comportamento instabile, etc..

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

- l'area prescelta per il rilevato di prova dovrà essere caratterizzata da condizioni dei terreni di fondazione (natura e proprietà geotecniche) prossime a quelle dell'area ove verrà realizzato il rilevato autostradale;
- la larghezza del rilevato di prova dovrà risultare almeno pari a tre volte la larghezza del rullo, i materiali saranno stesi in strati di spessore costante (o variabile qualora si voglia individuare lo spessore ottimale) e si provvederà a compattarli con regolarità ed uniformità simulando, durante tutte le fasi di lavoro, le modalità esecutive che poi saranno osservate nel corso dei lavori di costruzione del rilevato autostradale.

In generale per ciascun tipo di materiale e per ciascun tipo di modalità esecutiva si provvederà a mettere in opera almeno 2 o 3 strati successivi; per ogni strato si provvederà ad eseguire le prove di controllo dopo successive passate (ad esempio dopo 4, 6, 8, passate). Le prove di controllo da adottarsi saranno principalmente finalizzate ad individuare nel dettaglio le caratteristiche di densità, deformabilità e i contenuti d'acqua degli aggregati. In taluni casi si potrà ricorrere a prove speciali (ad esempio la prova di carico su piastra previa saturazione del materiale sottostante la piastra, prove geofisiche ecc.) e a prelievo di campioni indisturbati da destinarsi alle prove di laboratorio ponendo particolare attenzione a quei materiali considerati instabili o presunti tali, quali le rocce tenere di origine sedimentaria. Limitatamente ai materiali a granulometria grossolana, risultando le prove abituali non rappresentative, l'addensamento sarà controllato mediante successive

livellazioni del piano di rullatura e la misura della

densità in sito sarà fatta prelevando il materiale da un pozzetto che dovrà essere rivestito da apposito telo impermeabile successivamente riempito d'acqua.

L'Appaltatore sarà tenuto a documentare in apposita relazione tutte le fasi di lavoro, i mezzi e le procedure impiegate. L'approvazione dei materiali nonché delle modalità esecutive spetta esclusivamente alla Direzione Lavori.

3.4.2.5 Prove di controllo

L'Appaltatore sarà tenuto a controllare il rispetto degli spessori degli strati prima della compattazione effettuando misure per ogni strato ed in numero minimo di 1 ogni 1000 m². attraverso misure topografiche prima e dopo la compattazione con una griglia di punti avente una densità non superiore ad un punto/80 m².

Prima che sia messo in opera uno strato successivo, ogni strato di rilevato dovrà essere sottoposto alle prove di controllo per verificare che siano rispettati i requisiti di costipamento minimi richiesti.

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

La serie di prove sui primi 5.000 m³ sarà effettuata una volta tanto a condizione che i materiali mantengano caratteristiche omogenee e siano costanti le modalità di compattazione. In caso contrario la Direzione Lavori potrà prescrivere la ripetizione della serie. Le prove successive devono intendersi riferite a quantitativi appartenenti allo stesso strato di rilevato.

Tipo di prova	Rilevati				Rilevati			
	Autostradali		Terre		Rinforza		precarico	
	Corpo del rilevato	Ultimo strato di spess. 30 cm	te ed Armate		Riempimen		ti banche	
	pri mi 500 0 m ³	suc ces siv i m ³	prim i 5000 m ³	suc ces siv i m ³	pri mi 500 0 m ³	suc ces siv i m ³	prim i 5000 m ³	succe ssi vi m ³
Classific azione	500	100	500	250	500	500	5000	20000

UNI 10006		00		0		0			
-----------	--	----	--	---	--	---	--	--	--

Costipamento AASHTO Mod. CNR	500	10000	500	2500	500	5000	5000	20000
Densità in sito CNR 22 (***)	250	5000	250	1000	250	1000	1000	1000
Carico su piastra CNR 9-70317	*	*	500	1000	1000	5000	-	-
Controllo umidità	**	**	**	**	**	**	**	**
Resistività	*	*	*	*	500	5000	*	*
pH	*	*	*	*	500	5000	*	*
Solfati e cloruri	*	*	*	*	500	5000	*	*
Solfuri	*	*	*	*	500	5000	*	*

* Su prescrizioni della Direzione Lavori;
 ** Frequenti e rapportate alle condizioni meteorologiche locali alle caratteristiche di omogeneità dei materiali portati a rilevato.
 *** Sono ammesse prove di densità in sito con metodo nucleare, purchè esse rispondano alle normative vigenti nell'ambito delle normative di sicurezza sul lavoro e di igiene ambientale.

L'Appaltatore è altresì tenuto a effettuare controlli, su tutta la lunghezza dell'opera, dell'altezza del rilevato, della larghezza delle banchine (se presenti), della differenza di quota tra banchina e ciglio del rilevato in modo da verificare la conformità con il Progetto.

Dovrà inoltre essere controllato lo spessore dello strato di terreno vegetale, l'eventuale realizzazione di gradoni di ancoraggio e l'uniformità dell'inerbimento; tali controlli dovranno essere effettuati su entrambe le scarpate con una frequenza di 1 ogni 2000 m².

3.5 Trattamenti delle terre con calce

Con trattamento a calce di una terra si intende la miscelazione della stessa calce, viva o idrata, in quantità tali da migliorare, attraverso reazioni chimico-fisiche, le sue caratteristiche di lavorabilità e di

suscettibilità all'acqua, nonché le sue proprietà meccaniche. La presente norma si riferisce all'utilizzo della tecnica di trattamento a calce delle terre per :

- la costruzione del corpo dei rilevati (compreso l'ultimo strato di 30 cm);
 - il trattamento del terreno naturale al di sotto del piano di scotico;
- Nella presente norma si fa riferimento alla sola operazione di mescolazione delle terre/aggregati con calce sul sito di realizzazione del rilevato.

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

Sono ammessi i due seguenti tipi di calce:

- calce aerea idrata ($Ca(OH)_2$)
- calce area viva macinata (CaO)

I requisiti della calce sono indicati nella tabella seguente:

REQUISITO	CALCE VIVA	CALCE IDRATA
CO ₂	<5%	-
(CaO+MgO) Totali	>84%	-
Titolo in Idrati	-	>85%
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ +SO ₃	<5%	<5%
Tenore in MgO	<10%	<8%
Umidità	-	<2%
Acqua legata chimicamente	<2%	-
Reattività all' acqua	> 60% in 25'	
Dimensione massima dei grani	<2 mm	<2 mm
Percentuale passante, in peso	setaccio 0.2mm > 90% setaccio 0.075mm >50%	setaccio 0.075 mm >50%

La calce potrà essere approvvigionata in sacchi o allo stato sfuso. Nel primo caso i sacchi saranno alloggiati in ambienti coperti e al riparo dall'umidità; nel caso di approvvigionamento allo stato sfuso, la calce sarà stoccata in cantiere in appositi silos, con sistema di abbattimento delle polveri, derivanti dallo scarico pneumatico dalle autobotti di approvvigionamento della calce. La quantità di calce disponibile in

cantiere dovrà essere sufficiente ad assicurare almeno 2 giorni di piena operatività del cantiere. Ogni partita di prodotto dovrà essere accompagnata da un attestato di conformità, in accordo con il D.M. 246 del 21 Aprile 1993, e secondo il R.D. n.2231/1939 ("Norme sull' accettazione delle calce").

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

Scopo degli studi preliminari è quello di verificare il raggiungimento del miglioramento prefissato delle caratteristiche del terreno, con il minimo impiego di calce e tale da assicurare nei tempi requisiti richiesti. Per verificare la compatibilità del terreno al trattamento a calce dovranno essere prelevati dei campioni da sottoporre a prove di laboratorio. Sulla base dei risultati ottenuti su questi campioni dovranno essere definite delle fasce di terreno "omogeneo", inteso come terreno che dovrà essere trattato con il medesimo quantitativo di calce. Lo studio si articolerà attraverso:

- indagini sui terreni naturali,
- studio delle miscele sperimentali in laboratorio,
- studio delle miscele in sito mediante la realizzazione di campi prova in scala reale

Il programma delle prove di laboratorio e in sito, nonché il Progetto del campo prova, definito nel dettaglio, dovrà essere presentato dall'Appaltatore alla Direzione Lavori per approvazione.

I risultati ottenuti dovranno essere descritti in dettaglio in specifiche relazione illustrative ed approvate dalla Direzione Lavori

Tali studi e relativi oneri saranno a carico dell' Appaltatore.

3.5.2.1 Indagini sui terreni naturali

Per ogni tipo di terreno/aggregato da utilizzare per la costruzione del corpo del rilevato, saranno condotte analisi di laboratorio, intese quali prequalifiche dei materiali e - come tali - a carico dell'Appaltatore.

Le prove di laboratorio, da effettuare su ciascun tipo di terreno/aggregato, sono le seguenti:

- contenuto di sostanze organiche,

- tenore in solfati e solfuri,
- analisi granulometrica, inclusa l'analisi per via umida,
- peso specifico dei grani,
- limiti di Atterberg,
- contenuto d' acqua naturale,
- esame difrattometrico per la ricerca dei minerali argillosi,
- esame ottico per la ricerca dei minerali silicei amorfi,
- prova di compattazione aashto mod. t/180-57,
- indice cbr immediato (ipi)
- indice cbr con imbibizione, a 96 hr.
- analisi chimico-fisiche dell' acqua di falda: sali disciolti, ph

A giudizio della Direzione Lavori potranno essere richieste anche le seguenti prove aggiuntive, eseguite su campioni preparati al contenuto d' acqua W_{nopt} :

- compressione a espansione laterale libera con misura dei moduli di deformazione,
- compressione edometrica,
- taglio diretto,
- taglio residuo

Nel caso nel quale il terreno sia naturale in sito o provenga da scavi di bonifica, sbancamento e in galleria dovranno essere prelevati n. 1 campione ogni volta che il terreno abbia caratteristiche differenti e in ogni caso almeno 1 ogni 1000 mq secondo uno schema a maglie e comunque rappresentativo dell'area da trattare.

Qualora il terreno da trattare provenga da una cava di prestito, dovrà essere prelevato un campione per ogni quantitativo di terreno omogeneo e comunque almeno 1 ogni 2000 mc.

Il terreno da prelevare in cava dovrà essere identificato mediante scavi di pozzetti e/o sondaggi di profondità adeguata per individuare l'omogeneità del fronte di scavo.

I campioni dovranno essere di adeguata dimensione (del peso complessivo di 30-40 kg cadauno)

3.5.2.2 Indagini calce e terreno

I medesimi campioni rappresentativi dei terreni indagati, saranno utilizzati anche per la caratterizzazione fisico - meccanica delle miscele

terreno - calce. Di norma, la percentuale di calce viva da

utilizzare per la miscela sarà pari al 3% in peso (nel caso di calce idrata 4% in peso).

Tali percentuali sono da intendersi riferite al peso del terreno naturale prima del trattamento e del costipamento.

La Direzione Lavori potrà comunque richiedere uno specifico studio per verificare l'opportunità di utilizzare una diversa percentuale di calce. Tale studio avrà come scopo la definizione di correlazione empiriche che legano il dosaggio in calce, il contenuto d' acqua del terreno e i parametri che definiscono le caratteristiche del terreno trattato, ovvero:

- l' indice CBR immediato per gli strati di rilevato
- l' indice CBR per gli strati di rilevato
- il modulo elastico di Young in prova di compressione ad espansione laterale libera (modulo al 50% del carico di rottura).

Per la definizione di tali correlazione si richiede la sperimentazione di miscele con tre contenuti di calce, ciascuna delle quali effettuata con almeno quattro contenuti d' acqua (tra cui quello ottimo).

Le prove di laboratorio da effettuare su ciascun tipo di miscela terreno-calce sono le seguenti:

- analisi granulometrica, inclusa l'analisi per via umida
- limiti di Atterberg
- contenuto d' acqua
- prova di compattazione aashto mod. t/180-57
- indice cbr immediato
- indice cbr per tempi di maturazione pari a 96 hr, a 7 e a 28 giorni.
- indice cbr con imbibizione, a 96 hr, per tempi di maturazione pari a 96 hr, a 7 e a 28 giorni.

A giudizio della Direzione Lavori potranno essere richieste anche le seguenti prove aggiuntive, eseguite su campioni preparati al contenuto d' acqua W_{nopt} del terreno trattato:

- compressione edometrica
- taglio diretto
- taglio residuo

Anche tali prove saranno eseguite a differenti tempi di maturazione (96 hr, 7 e 28 giorni). In fase di indagine sono richieste anche le analisi chimico-fisiche dell' acqua utilizzata nella preparazione degli impasti.

3.5.2.3 Campi prova

Ultimato lo studio delle miscele sperimentali e prima dell'inizio delle attività di costruzione dei rilevati, e per ogni diverso tipo di materiale, L'Appaltatore dovrà provvedere alla realizzazione di un campo prova. Finalità del campo prova sono:

- verificare in scala reale i dati ottenuti in laboratorio
- il controllo delle attrezzature, di miscelazione e compattazione
- la definizione delle fasi e metodi delle lavorazioni, con particolare riferimento all'apporto di calce (eventualmente anche in più fasi, ad es. una prima passata all'1% e una seconda al 2%),
- schemi di miscelatura (n° di passate del Pulvimixer ottimali necessari ad ottenere la granulometria prevista) e rullatura (n° di passate del rullo), in relazione alle attrezzature adottate dall'Appaltatore stesso.
- la definizione delle modalità di controllo e dei limiti di accettabilità dei tenori di umidità dei terreni posti in opera e delle miscele terreno - calce, prima della rullatura finale.

L'ubicazione di ciascun rilevato, le sue modalità esecutive, l'ampiezza ed il grado di approfondimento delle indagini di laboratorio e le prove di controllo in sito saranno stabilite dalla Direzione Lavori, in base ai risultati delle indagini e degli studi specialistici di Progetto di cui ai punti precedenti, nonché all'entità e importanza dell'opera.

In linea generale, quando è previsto il trattamento a calce delle terre del piano di posa dei rilevati e della soprastruttura per le sedi in trincea, dovrà essere realizzato un campo prova per ogni zona omogenea di terreno naturale di lunghezza utile di 30 m e larghezza tale pari a 6-8 volte la larghezza dello spandi-calce/rullo e di spessore pari a quanto previsto in Progetto per il rilevato vero e proprio.

Quando è previsto il trattamento a calce delle terre da impiegare per la realizzazione degli strati del corpo dei rilevati, dovranno essere realizzati almeno tre strati per un'altezza totale di 0.9m costituito da materiale omogeneo. La dimensione utili in sommità dovranno essere pari a 50 m di lunghezza e larghezza pari a 6-8 volte la larghezza dello spandi-calce/rullo.

L'area prescelta per la prova dovrà essere perfettamente livellata, con pendenza superiore al 5‰ (cinque per mille), e compattata in modo tale da garantire un piano di imposta uniforme e stabile per gli strati

terreno-calce successivamente posti in opera. Il campo prova dovrà essere realizzato secondo le stesse modalità di esecuzione del rilevato.

Dovranno essere messi in opera tipi diversi di compattazione scelti in funzione del terreno da compattare; indicativamente saranno provati 2-4 passate del Pulvi-mixer e due-quattro schemi di rullatura.

Dovranno essere sperimentate almeno 2 miscele tra quelle ritenute idonee dallo studio di laboratorio. Per la realizzazione del campo prova, sia per il piano di posa sia per gli strati del corpo del rilevato dovranno essere effettuate le operazioni che seguono:

1. dovrà essere tarata la spanditrice di calce come riportato al punto per il controllo del dosaggio.
2. prima della stesa della calce dovrà essere controllato il contenuto d'acqua del terreno e confrontato con quello utilizzato nello studio delle miscele.
3. dopo la miscelazione dovrà essere di nuovo controllato il valore del contenuto d'acqua e verranno eseguiti i prelievi (da 1 a 3 campioni di 30-40 kg cadauno) per l'esecuzione di prove di classificazione, prove Proctor e CBR e prove geotecniche indicate al punto 3.5.2.2.
4. la miscela dovrà essere poi compattata secondo schemi di rullatura prefissati.
5. in sommità dello strato finale dovrà essere determinato il modulo di deformazione, con piastra da 30 cm. Le misure dovranno essere effettuate almeno al tempo 0 (cioè subito dopo la compattazione), a 3gg, e a 7gg - 28 gg su almeno 3 punti appartenenti ad una porzione di rilevato omogenea sia per la miscela che per le modalità di compattazione.
6. agli stessi tempi delle prove di carico su piastra, dovranno inoltre essere misurati i valori del CBR in situ, delle densità in situ e del contenuto d'acqua, da eseguirsi su porzioni di terreno in vicinanza dei punti di misura del modulo.
7. le stesse prove di carico su piastra e CBR dovranno essere eseguite dopo imbibimento.
8. dovrà essere controllato lo spessore dello strato finito (rilevati) o controllato la profondità del trattamento (piano di posa) mediante pozzetti e spruzzaggio di soluzione alcolica di fenoltaleina.

Il Progetto del campo prova, definito nel dettaglio, dovrà essere presentato dall'Appaltatore alla Direzione Lavori per approvazione.

I risultati ottenuti dovranno confermare quelli dello studio. Nel caso nel quale i requisiti minimi, previsti in Progetto, non venissero raggiunti, dovranno essere modificati i metodi di compattazione e/o le miscele terra/calce fino ad ottenere i requisiti minimi richiesti; in caso contrario si dovrà scartare il prodotto sperimentato.

La miscela ottimale scaturirà dai risultati delle analisi effettuate in laboratorio e da quelli ottenuti nel campo prova e, in ogni caso, dovrà essere approvata dalla Direzione Lavori.

3.5.3 Modalità esecutive

3.5.3.1 Prescrizioni generali

L'Appaltatore dovrà sottoporre alla preventiva approvazione della Direzione Lavori il programma delle fasi di lavorazione, comprensivo degli elaborati grafici (planimetrie e sezioni) che evidenzino le aree progressivamente interessate dai lavori di costruzione dei rilevati, nonché le eventuali aree di stoccaggio provvisorio dei materiali.

Il trattamento a calce del terreno non dovrà essere effettuato in caso di pioggia, di temperature inferiori al suolo di 2°C, in presenza di vento forte (>40 km/h), che sollevi la calce stesa, e nel caso nel quale ci sia presenza di acqua o venute di acqua sul piano dove viene steso il terreno da trattare. Nel caso che il terreno sia saturo fino al p.c., prima di procedere al trattamento con calce del piano di posa del rilevato, si dovrà obbligatoriamente provvedere ad abbassare il livello d'acqua e a mantenerlo tale per un tempo, sufficiente a non inficiare l'esito del trattamento.

3.5.3.2 Attrezzature

Ad ogni consegna dell'area di lavoro, l'Appaltatore presenterà l'elenco e le schede tecniche delle attrezzature da utilizzare per lo spargimento della calce, per lo spargimento dell'acqua, per la frantumazione e miscelazione del terreno nonché dei mezzi di compattazione. I mezzi dovranno presentare adeguatezza, completezza e omogeneità di prestazioni/produzione; poiché l'attrezzatura più specialistica è rappresentata dal Pulvimixer, alla sua produttività dovrebbero essere legate le prestazioni delle restanti attrezzature. Si prescrivono comunque le seguenti caratteristiche minime.

Spandicalce:

- precisione del dosaggio: $\pm 10\%$

- capacità di stesa in grado di consentire la stesa in un'unica passata
- piena efficienza delle bandelle (in materiale plastico) per il contenimento delle polveri all'atto della stesa della calce.

Pulvimixer:

- profondità di lavoro massima: > 40 cm
- n° dei denti/palette > 80% del nominale
- 4 ruote motrici.

Rulli:

- rulli a piede di montone del peso statico > 16 t
- rulli lisci per le operazioni di finitura.

3.5.3.3 Preparazione del terreno naturale

Il terreno/aggregato pronto per il trattamento a calce dovrà essere esente da sostanze organiche e, nel caso di materiale provenienti dagli scavi, da eventuali residui di lavorazione (blocchi di calcestruzzo spruzzato, elementi di vetroresina, ...).

Il terreno/aggregato non dovrà presentare elementi di dimensioni superiori a 4 cm. In particolare, laddove sia previsto l'impiego di smarino di galleria, l'Appaltatore provvederà a sua cura e spese all'adozione delle più opportune tecnologie di scavo o all'eventuale frantumazione e vagliatura del materiale stesso, al fine di ridurlo ad idonea pezzatura. Qualora il terreno da trattare sia troppo secco, dovrà essere umidificato aggiungendo un'opportuna quantità di acqua con controllo finale su più punti del contenuto Wn raggiunto.

3.5.3.4 Stesa del terreno naturale

Nel caso di strati di rilevato, la stesa del terreno/aggregato naturale dovrà essere preceduta dalla preparazione della superficie dello strato precedente mediante erpicatura. Lo spessore del materiale steso, dopo una prima livellazione, dovrà risultare non superiore a quello massimo stabilito in Progetto o a seguito dei risultati del campo prove. Indicativamente, lo spessore del materiale steso, da controllare con dime, sarà pari a quello finale previsto, aumentato del 15-20%. Terminata l'operazione di stesa, si procederà alla determinazione dell'umidità naturale che non si dovrà discostare dal campo di valori ottimali definiti a seguito dei risultati delle analisi di laboratorio e del campo prove. Nel caso in cui l'umidità naturale risulti in eccesso, si provvederà ad erpicare ed arieggiare il materiale per favorire l'evaporazione; nel caso

di umidità naturale insufficiente, l'Appaltatore

provvederà ad umidificare il terreno mediante aspersione d'acqua con autobotte.

3.5.3.5 Stesa della calce

Si spargerà la calce solo sulla superficie che potrà essere lavorata in giornata, in modo da evitare sia la asportazione della calce da parte degli agenti atmosferici che il fenomeno della sua parziale carbonatazione. La stesa della calce sarà effettuata mediante impiego di apposita attrezzatura (spandicalce) a controllo volumetrico o gravimetrico capace di assicurare un dosaggio costante sia in senso trasversale che longitudinale. La velocità dello spandicalce non dovrà essere superiore a 4 km/hr. Al termine delle operazioni di stesa della calce si verificherà visivamente l'omogeneità della stesa e l'assenza di eventuali zone non trattate. Il controllo della quantità distribuita, nella misura a metro quadrato tale da raggiungere la percentuale in peso prevista in sede di Progetto della miscela, sarà effettuato ad ogni inizio turno o ad ogni richiesta della Direzioni Lavori, posizionando un telo quadrato con superficie 1 mq sul terreno prima del passaggio della macchina spandicalce e pesando poi la calce su di esso depositata a passaggio avvenuto. La quantità di calce distribuita non dovrà risultare inferiore a quella di Progetto.

3.5.3.6 Miscelazione

Ultimata la stesa della calce si procederà alla miscelazione entro le successive 2 ore. La miscelazione sarà ottenuta eseguendo il numero di passate di Pulvimixer stabilito a seguito dei risultati del campo prove, e comunque in numero tale, che il terreno miscelato soddisfi le seguenti condizioni granulometriche:

- passante inferiore a 25 mm: 75%
- passante al crivello 5 UNI: $\geq 50\%$.

Il numero di passaggi e la velocità di avanzamento della macchina dovranno essere tali da raggiungere condizioni omogenee di trattamento. L'omogeneità del trattamento è verificata mediante scavo di pozzetti, in ragione di uno ogni 500 mq e comunque almeno 4 giornalieri; si controllerà il colore delle pareti prima e dopo lo spruzzaggio di soluzione alcolica di fenolftaleina all'1%, che impartirà colore rossastro. L'avvenuto controllo sarà documentato mediante foto. Ogni 1.000 mq si controllerà l'umidità della miscela, che dovrà rientrare nei limiti stabiliti a seguito dei risultati del campo prove e delle analisi di laboratorio. Quando necessario, durante o dopo la miscelazione, si irrorerà il terreno trattato fino a rientrare nei limiti suddetti. I giunti longitudinali ottenuti dalla lavorazione su stese contigue devono risultare sovrapposti per almeno 15 cm; inoltre nella stessa

giornata lavorativa devono essere completati tratti di tracciato per tutta la loro larghezza prevista dal Progetto.

Nei giunti di lavoro trasversali, perpendicolari all'asse del tracciato, la miscela già costipata va ripresa in tutte quelle zone nelle quali il contenuto di calce, lo spessore, o il grado di compattazione risultino inadeguati e/o disomogenei.

Le riprese dovranno essere eseguite all'inizio della successiva giornata lavorativa, nello strato indurito, in modo da presentare superficie verticale, per evitare la possibilità che si manifestino successive fessurazioni. Nel caso di trattamento su più strati i giunti longitudinali e trasversali dovranno essere opportunamente sfalsati ed inoltre è necessario che lo strato superiore venga miscelato con uno spessore tale da garantire un'ammorsamento di qualche cm nello strato sottostante.

3.5.3.7 Compattazione

Il tipo, le caratteristiche e il numero dei mezzi di compattazione, nonché il dettaglio delle modalità esecutive (numero di passate, velocità operativa, frequenza), dovranno essere fissate a seguito delle indagini sul campo prove e sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione Lavori.

Prima dell'inizio delle operazioni di rullatura si procederà alla regolarizzazione della superficie dello strato, mediante motolivellatore (graeder).

La compattazione dovrà essere condotta con metodologie atte 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. La velocità massima del rullo sarà di 4 km/hr. Nel caso di stabilizzazione con calce idrata, lo strato di terra trattata dovrà essere compattato immediatamente dopo la miscelazione.

Nel caso di trattamento con calce viva, la compattazione dovrà essere eseguita dopo il completamento della reazione esotermica di spegnimento della calce, avendo verificato che il contenuto d'acqua sia quello atteso. La completa idratazione della calce viva richiede un tempo variabile in funzione della temperatura e umidità del suolo; per temperature superiori ai 3°C, 1 - 3 ore di maturazione della miscela sono sufficienti.

Nella costruzione dei rilevati occorrerà procedere a fronte chiuso, completando in giornata le operazioni di miscelazione e compattazione e sovrapponendo il primo strato di terreno naturale che sarà trattato il giorno successivo, a sua volta leggermente compattato, per minimizzare la

carbonatazione e proteggere gli strati sottostanti in maturazione. Qualora le condizioni climatiche siano tali che gli strati lavorati possano subire dannosi effetti di essiccamento/umidificazione, si procederà alla protezione dei medesimi con uno dei seguenti metodi:

- manto di protezione di bitume liquido BL350-700 (BU CNR n.7) in ragione di 1.0 kg/mq.
- emulsione bituminosa a lenta rottura del tipo EL55 (BU CNR n.3) in ragione di 1.8 kg/mq.

Tale protezione dovrà essere rimossa con cura alla ripresa delle lavorazioni.

3.5.3.8 Prove di controllo

L'Appaltatore è tenuto ad instaurare un sistema di controllo di produzione. Le registrazioni tenute dovranno indicare quali procedimenti di controllo qualità sono stati messi in atto durante la produzione. In particolare, i controlli di produzione avverranno secondo quanto indicato nel seguito:

Calce

La calce dovrà provenire da fornitori qualificati ed approvati da Committente. Le caratteristiche della calce, dovranno essere certificate dal produttore ogni 1200 kN (120 ton) di prodotto consegnato.

Terreno naturale da trattare

Sul terreno da trattare dovrà essere prelevato 1 campione ogni 3.000 m²; per ciascun campione prelevato si dovrà verificare che i valori ottenuti siano congruenti con quelli degli studi preliminari.

Terreno miscelato

Sul prodotto miscelato dovrà essere effettuata:

- contenuto d' acqua Wn ogni 1000 m²
- una prova CBR e prova di compattazione AASHTO mod T/180-57, ogni 3000 m²

Il controllo della taratura della spanditrice dovrà essere effettuato per ogni variazione di percentuale di calce da utilizzare e ad ogni inizio di lavorazione. Durante la lavorazione dovranno comunque essere effettuate le verifiche sulla qualità e omogeneità dello spandimento della calce almeno ogni 3000 m² di terreno trattato secondo le modalità indicate in precedenza. Nel caso di utilizzo di spanditrici che producano un diagramma dello spandimento, il controllo dovrà essere effettuato solo durante la fase di taratura della macchina.

Dopo la fase di miscelazione dovrà essere verificato che la componente limo-argillosa passi per il 75% al setaccio da 25 mm. Il controllo dovrà essere effettuato con una frequenza di 1/3000 m².

Terreno miscelato dopo compattazione

Sugli strati intermedi verranno eseguite le prove di modulo di deformazione e densità in sito ogni 3000 m² e comunque non meno di una prova per strato. Il peso secco dell'unità di volume dovrà risultare maggiore o uguale al 95% del massimo peso secco dell'unità di volume della miscela terreno - calce determinato con prova AASHTO Mod. T/180-57. Sui piani di posa, il modulo di deformazione al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm) dovrà essere conforme alle prescrizioni del articolo 3.3.2.4.

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 Dreni (omissis)

Art. 9 Tiranti di ancoraggio nei terreni (omissis)

Art. 10 Bulloni e chiodi (all'aperto ed in sotterraneo) (omissis)

Art. 11 Lavori in sotterraneo (omissis)

Art. 12 Monitoraggio (omissis)

Art. 13 Dispositivi per lo smaltimento dell'acqua dagli impalcati

13.1 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.

13.2 Materiali

13.2.1 Griglie

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

13.2.2 Bocchettoni

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

13.2.3 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.

13.3 Posa in opera

I bocchettoni e le relative scatole di imbocco saranno alloggiate 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.

13.4 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.

13.5 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. 14 Manufatti tubolari in lamiera d'acciaio ondulata (omissis)

Art. 15 Gabbioni e materassi metallici (omissis)

Art. 16 Sistemi di drenaggio del corpo autostradale (omissis)

Art. 17 Difese spondali (omissis)

Art. 18 Drenaggi (omissis)

Art. 19 Conglomerati cementizi semplici e armati (normali e precompressi)

19.1 Materiali

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

Compattezza degli aggregati	Degradabilità al solfato di magnesio	UNI EN 1367-2	perdita di massa dopo 5 cicli $\leq 10\%$
-----------------------------	--------------------------------------	---------------	---

Presenza di gesso solfati solubili	di e	Analisi chimica degli aggregati	UNI EN 1744-1	$SO_3 \leq 0,1\%$
Contenuto di polveri	di	Aggr. grosso non frantumato o frantumato da depositi alluvionali	Passante a $0,063 \text{ mm}$, 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	in e		UNI EN 933-8-9	$ES \geq 80$ $MB \leq 1 \text{ g/kg}$ di sabbia
Presenza di pirite, marcasite, pirrotina	di	Analisi petrografica	UNI EN 932-3	assenti
Presenza di sostanze organiche	di	Determinazione colorimetrica	UNI EN 1744-1	Per aggregato fine: colore della soluzione più chiaro dello standard di riferimento
Presenza di forme di silice reattiva, incluso quarzo ad estinzione ondulata	di	- 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	di	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	Determinazio ne dei coefficienti di forma SI e di appiattiment	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)

	o FI		
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 $\pm 10\%$ 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;

19.1.2 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.

19.1.2.1 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,

19.1.2.2 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
12,5	4.0	8
20,0	3.5	7.5
25,0	3,0	7
40,0	2,5	6.5
50,0	2,0	5
75,0	1,5	3

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

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

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

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

19.1.2.3 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.

19.1.3 Aggiunte

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

19.1.3.1 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	mm	≤ 10	+ 1,0	- mensile o 200 t
--	----	-----------	-------	----------------------

Caratteristica	U.M.	Limiti di accettazione	Tolleranze	Frequenza prove
Chatelier UNI ENV 196-3				
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 x (dosaggio minimo di cemento -200) kg/m³ .

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

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

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

Nella progettazione della miscela e nelle verifiche periodiche da

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

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

19.1.3.2 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.

19.1.3.3 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 volumica dopo essiccazione in stufa e deve essere >2000	EN 1097-6
Contenuto di cloruri solubili in acqua	Il contenuto di cloruri deve essere minore dello 0,03 per cento	EN 1744-1, punto 7
Contenuto di solfati solubili in acido	Contenuto di solfati solubili in acido < 0,8%	UNI EN 1744-1, punto 12
Contenuto di zolfo totale	contenuto di zolfo totale 1,0%	UNI EN 1744-1, punto 11
Qualità dei fini per (Pulizia)	Il valore del blu di metilene $MB_f \leq 12$ 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

19.2 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 $1.5 \times 10^{-17} \text{ m}^2$.

19.3 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 diversi

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 resisten za 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 precompres so	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	

19.4 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.

19.4.1 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

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

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

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 $< 20 \text{ mm}$. 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 < 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.

19.4.3 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.

19.5 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

19.5.1 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.

19.5.1.1 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.

19.5.1.2 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.

19.5.2 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.

19.6 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

19.6.1 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).

19.6.2 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".

19.6.2.1 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

19.6.2.2 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

19.6.2.3 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.

19.6.2.4 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](http://www.germann.org/products/comameter.htm))

19.6.2.5 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.

19.6.2.6 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.

19.6.3 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.

19.6.4 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.

19.6.5 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.

19.6.6 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.

19.6.7 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..

19.6.8 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.

19.6.9 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, .

19.6.10 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

19.6.11 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 $0,5 \div 1,5$ kg/m³. 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.

19.6.12 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).

19.6.13 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.

19.6.14 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.

19.6.15 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.

19.6.16 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.

19.6.17 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.

19.7 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 $0.8 \div 1.5$ 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,
- $U_{box} \leq 30$ mm (prova da eseguire secondo UNI 11044 almeno in fase di qualifica della miscela).

19.8 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.

19.8.1 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 < 1400	< 1400 e < 1600	< 1600 e < 1800	<1800 e < 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.

19.8.2 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.

19.9 Calcestruzzo proiettato (CP)

Il rivestimento delle pareti di scavo, pendici o di pozzi di fondazione, paratie, rivestimenti di prima fase in galleria, sarà eseguito con conglomerato cementizio proiettato. Detto conglomerato dovrà essere confezionato nel rispetto della presente Norma Tecnica e, per gli aspetti non considerati, in conformità alla UNI EN 10834.

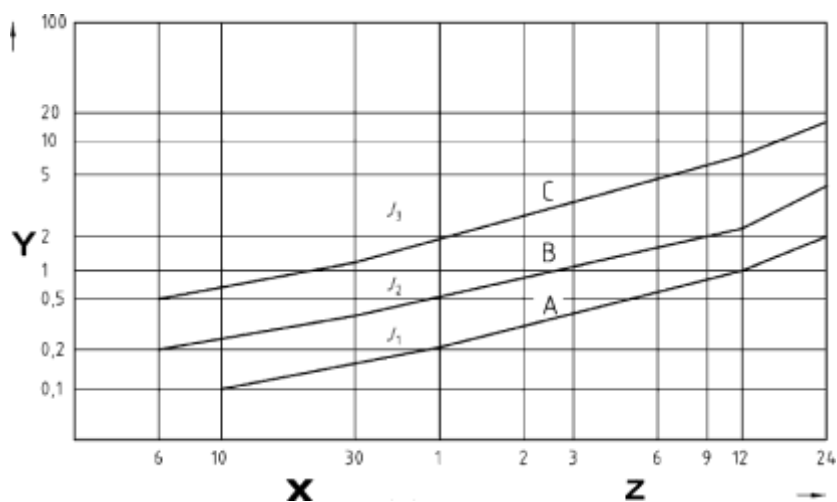
19.9.1 Tipi di calcestruzzo proiettato

La consistenza delle miscele di calcestruzzo proiettato per via umida verrà qualificata nelle classi della UNI EN 206 S4 ed S5. Per il CP dovranno essere rispettate le prescrizioni per la durabilità (in termini di rapporto acqua/cemento, dosaggio minimo di cemento, resistenza minima, e tipo di cemento) in funzione della classe di esposizione secondo UNI 11104. La resistenza a compressione del CP dovrà essere specificata in classi di resistenza in funzione dell'impiego previsto, in accordo alla UNI EN 206-1. La classe di resistenza di un calcestruzzo proiettato si indica con la sigla CP seguita dal valore di resistenza cubica che lo caratterizza (es. CP16). Le resistenze di riferimento dei calcestruzzi proiettati non sono valutate su provini confezionati ma su provini estratti per carotaggio, in

opera o da pannelli di prova, e sono espresse

in termini di resistenza caratteristica cilindrica ed indicate come f_{ck-cp} . Le carote devono avere altezza pari al diametro; questo deve essere sempre maggiore ad almeno 3 volte la massima dimensione degli inerti di pezzatura maggiore con un minimo di 8 cm. Per la misura e la valutazione dei risultati si procederà come indicato al punto 6.2.4.1 della UNI 10834. Inoltre il calcestruzzo proiettato potrà essere classificato in funzione della velocità di indurimento, nelle classi di resistenza del calcestruzzo giovane: J1, J2 o J3 in accordo con la Figura 1. L'assegnazione alla classe J1 si richiede che almeno 3 valori di resistenza cadano tra le curve A e B, per la classe J2 tra le curve B e C e al di sopra della curva C per il calcestruzzo proiettato classe J3.

Le prove di resistenza sul calcestruzzo proiettato giovane si eseguiranno



con le modalità nel seguito specificate.

Figura 1 - Classi di resistenza del calcestruzzo proiettato giovane.
 X è il tempo in minuti,
 Z è il tempo in ore
 Y è la resistenza in MPa

19.9.2 Composizione del calcestruzzo proiettato

Il CP verrà confezionato con aggregati d'appropriata granulometria continua, ottenuto con almeno due classi granulometriche e di dimensioni non superiori a 12,5 mm, tali da poter essere proiettati ad umido o a secco con le normali attrezzature da "spritzi", salvo diverse prescrizioni progettuali. Il rapporto acqua/cemento non dovrà essere superiore a 0,5, il dosaggio di cemento non inferiore a 450 kg/m³. Per ottenere questo risultato si dovrà impiegare un additivo riduttore d'acqua a rilascio progressivo a base di carbossilato etere conforme alle UNI EN 934-2, UNI

EN 480 (1-2) e UNI EN 10765, capace di una riduzione d'acqua a pari consistenza di almeno il 20%.

La miscela dovrà avere una consistenza S4 o S5 con un mantenimento della lavorabilità di almeno 90'. Se la temperatura esterna è maggiore di 25°C è ammessa, dopo un'ora dalla miscelazione, una riduzione dello slump non superiore al 15%. Il calcestruzzo verrà additivato con acceleranti alcali-free in misura mediamente dell'8% ma sempre minore del 10% in peso del cemento. Detti acceleranti potranno essere costituiti da una soluzione acquosa o in sospensione liquida e dovranno avere:

- un contenuto di alcali (Na₂O equivalente) < 1% in peso,
- un tenore di cloruro (Cl⁻) < 0,1%,
- una densità di $\geq 1,36$ kg/lt,
- non dovranno essere caustici e dovranno avere un pH di 3 ± 1

Il produttore dovrà operare in conformità alle UNI EN ISO 9001:2000.

Ai fini della coesione del calcestruzzo, della durabilità dei manufatti e per evitare eventuali fenomeni di dilavamento, tutto il CP verrà additivato con fumo di silice in misura da 5 a 8% in peso sul cemento.

19.9.3 Qualifica e controlli

L'Appaltatore dovrà sottoporre all'approvazione della Direzione dei lavori:

- una documentazione in merito alla qualifica e all'esperienza del lancista;
- la descrizione dell'equipaggiamento che intende impiegare per miscelare ed applicare il CP, includendo istruzioni, raccomandazioni e prestazioni attese fornite dal costruttore;
- una descrizione dei metodi che intende attuare per porre in opera il calcestruzzo e per controllarne lo spessore, garantendo le volute posizioni e allineamenti.

La qualifica preliminare del conglomerato cementizio, le prove sui materiali e sul conglomerato fresco, dovranno essere effettuati conformemente alle presenti Norme. La composizione del conglomerato dovrà essere sottoposta dall'Appaltatore alla preventiva approvazione della Direzione Lavori.

I prelievi di controllo della miscela base (conglomerato non accelerato) andranno eseguiti con frequenza giornaliera per ogni singola opera o fase di lavorazione sottoposta alla lavorazione, il valore di resistenza sarà

determinato sulla media di due provini cubici, di lato 15 cm.

Il controllo del prodotto finito, incluso lo spessore, sarà eseguito in opera mediante carotaggi; la resistenza a compressione sarà determinata sulla media di due prelievi (carote) per ogni giorno di getto d'ogni opera interessata alla lavorazione, prelevati secondo UNI 6131 e provati secondo UNI 6132.

Per normalizzare i risultati ottenuti su carote aventi rapporti h/d diversi da 1 si prenderà in considerazione la snellezza $l = h/d$. La stima della resistenza cubica R_c (MPa) del CP a partire dalla resistenza compressione sui cilindri f_{car} (MPa) dovrà essere calcolata secondo la seguente formula:

$$R_c = f_{car} \frac{2,5}{1,5 + l / \lambda}$$

Al fine di tenere nella dovuta considerazione l'effetto di disturbo indotto nel calcestruzzo, il valore di R_c dovrà essere incrementato del 20%. In base ai risultati ottenuti, la resistenza cubica caratteristica a compressione (R_{ck}) è stimata secondo quanto indicato nella normativa UNI EN 206-1.

Ove sia richiesta la valutazione delle resistenze del calcestruzzo giovane si dovrà adottare il metodo dello sparo ed estrazione di chiodi tramite l'utilizzo di:

- Pistola di sicurezza spara chiodi (tipo HILTI DX 450 L o equivalente con pistone 45 M6-8L preselezionata in posizione 1) dotata di cartucce esplosive (propulsori tipo HILTI 6,8/11 M di colore verde o equivalenti) d'intensità nota, codice di potenza 02, in grado di fornire al chiodo un'energia che conferisca al chiodo stesso una velocità iniziale compresa tra i 50 ed i 70 m/s (che deve essere dichiarata dal costruttore).
- Chiodi (prigionieri) (tipo HILTI M6-8-52 D12 e tipo HILTI M6-8-72 D12 o equivalente) filettati (M6-8) in acciaio al carbonio HRC 55.5 ± 1, diametro 37 mm e con rivestimento in zinco di 5÷13 m, la lunghezza del gambo dei chiodi è prefissata ed è pari a 52 o 72 mm.
- Apparecchio estrattore (tipo HILTI tester 4 o equivalente) in grado di misurare la forza d'estrazione con la tolleranza di ± 100 N; tale apparecchiatura dovrà essere corredata della curva di taratura che mette in relazione il valore letto del carico col valore corretto del

carico medesimo.

Le modalità d'esecuzione della prova e le tabelle di correlazione per l'estrapolazione dei dati saranno indicate dalla Direzione Lavori e saranno comunque conformi a quanto riportato nella UNI 10834, "Calcestruzzo proiettato".

Le resistenze dovranno essere quelle di Progetto e comunque non inferiori a quelle della classe di resistenza J1, 2 o 3 con la tolleranza di - 1 MPa. I controlli andranno eseguiti con frequenza giornaliera ed il valore di resistenza sarà determinato sulla media d'otto chiodi o di due provini (carotaggi) per ogni controllo.

Per resistenze minori di 2 MPa si farà uso del penetrometro descritto in UNI 7123, come descritto al punto C4 della UNI 10834.

Subito prima della proiezione del conglomerato, dovranno essere confezionati per ogni giorno di getto, n. 2 provini di calcestruzzo privo d'accelerante (miscela base) al fine di accertare l'effettivo abbattimento delle resistenze causato dall'aggiunta dello stesso; i provini saranno sottoposti a controllo così come previsto dal presente Capitolato Speciale. Il controllo, ai fini della contabilizzazione, della resistenza caratteristica sarà eseguito esclusivamente sulla scorta dei risultati della rottura a compressione dei carotaggi eseguiti in opera.

Qualora le resistenze alle diverse maturazioni fossero inferiori a quanto previsto saranno applicate delle penalità, conformemente al punto 20.5.2. Le prove per la determinazione della resistenza stimata R_{stim} saranno eseguite dal personale tecnico della Direzione Lavori in contraddittorio con il personale tecnico dell'Appaltatore.

Le prove di rottura a compressione andranno eseguite presso Laboratori indicati dalla Direzione Lavori.

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.

19.10 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 ($f_p 0,2$) > 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.

19.11 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.

19.12 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.

19.12.1 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.

19.12.2 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.

19.13 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.

19.14 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 disgelanti¹⁾		
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.
<p>*) Il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> - moderato: occasionalmente gelato in condizioni di saturazione; - elevato: alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione. <p>**) Da parte di acque del terreno e acque fluenti.</p>		

19.15 Allegato20.2 - Guida alla scelta delle classi di esposizione per manufatti autostradali

IMPIEGO DEI CONGLOMERATI	NOTE	CLASSE DI ESPOSIZIONE			CLASSE DI RESISTENZA
		DENOMINAZIONE	DESCRIZIONE AMBIENTE	ESEMPI DI SITUAZIONI	
Impalcati e 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. \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	
---	---	------------	---------------------------------	---	--------	--

	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 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 sostegno, di sottoscarpa controripa e	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	XF1	Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo	40 Mpa

	cicli gelo/disgelo			esposte alla pioggia e al gelo	
Cunette, cordoli, pavimentazioni	q. s.l.m. ≤ 400 ml senza cicli gelo/disgelo	XC4	Ciclicamente bagnato e asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2	40 Mpa
	q. s.l.m. > 400 ml o in presenza di cicli gelo/disgelo	XF4	Elevata saturazione d'acqua, con agente antigelo oppure acqua di mare	Strade e impalcati da ponte esposti agli agenti antigelo. Superfici orizzontali di calcestruzzo esposte direttamente a nebbia contenente agenti antigelo e al gelo.	35 Mpa con aerante
Imbocchi di gallerie naturali e artificiali (primi 50 ml dall'imbocco)	Ambiente aggressivo	XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi	40 Mpa
	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 con esposizione 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. Calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia.	35 Mpa
CP e rivestimenti di gallerie naturali e artificiali (senza guaina) esclusi i 50 ml dagli imbocchi	Ambiente aggressivo	XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo	-	35 Mpa
	Ambiente aggressivo	XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo	-	40 Mpa
	Ambiente aggressivo	XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo	-	45 Mpa
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	35 Mpa
--	----------------	------------	------------------	--	--------

				esposto all'esterno protetto dalla pioggia.	
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. 20 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 policarbossilati 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. $175 <$, $l = 15 \text{ mm}$: 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.

15.4 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.-
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 carpenterai 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.

Oggetto	Proprieta'	Metodo	Frequenza	Registrazione
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:

$$f_{Fts} = 0.45 \cdot f_{eq1}, \quad (3.1)$$

$$f_{Ftu} = k \cdot f_{Rk} - \frac{w_{i2}}{w_{i2}} \cdot (f_{Fts} - 0.5 \cdot f_{eq2} + 0.2 \cdot f_{eq1}) \geq 0, \quad (3.2)$$

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:

$$N = 0, \quad f \cdot b \cdot h^2 \quad (3.4)$$

$$M(\varepsilon_{F1}) = \frac{f_{eq1}}{6} \cdot b \cdot h^2$$

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:

$$M(\varepsilon_{F2}) = \frac{f_{eq2} \cdot b \cdot h^2}{6} \quad (3.5)$$

Il valore di $\varepsilon_{F2} = w_{i2}/l_{cs}$ fa riferimento al valore medio dell'intervallo di apertura di fessura assunto per la definizione del valore f_{eq2} .

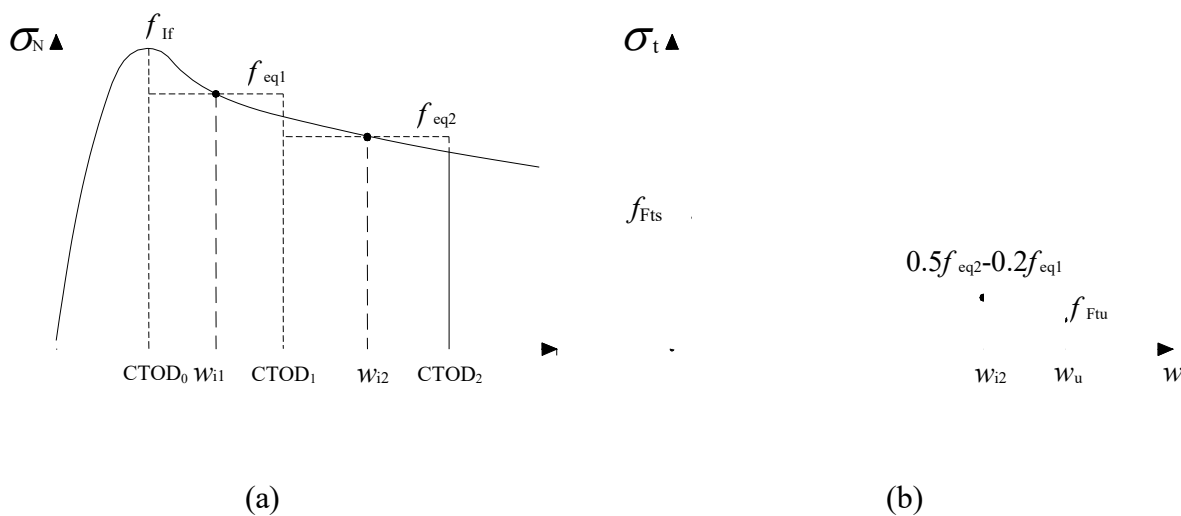


Figura 0-1 - Valori delle resistenze a trazione determinati sulla base dei risultati della prova

di flessione per materiali degradanti.

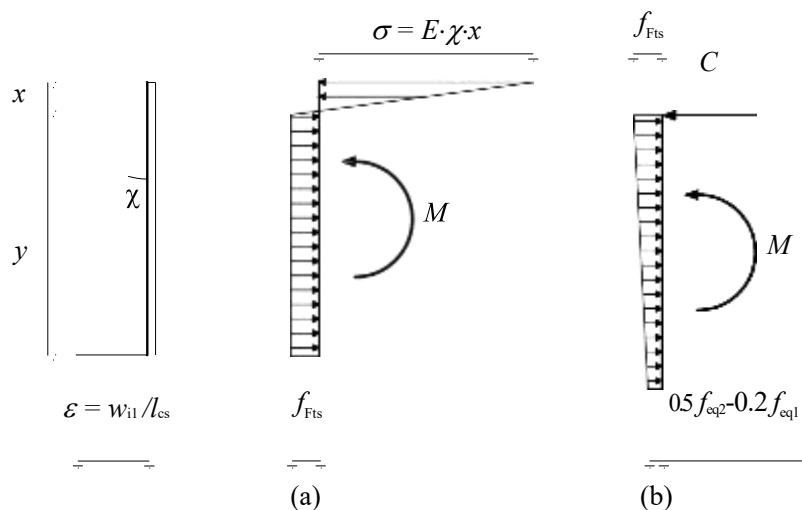


Figura 0-2 - Diagrammi tensionali per la determinazione della resistenza a trazione.

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:

$$M = \frac{f_{eq2} \cdot b \cdot h^2}{6} = \frac{f_{Ftu} \cdot b \cdot h^2}{2} \tag{3.7}$$

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:

$$f_{eq1k} = f_{eq(0-0.6)k} \quad (3.8)$$

$$f_{eq2k} = f_{eq(0.6-3.0)k} \quad (3.9)$$

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.

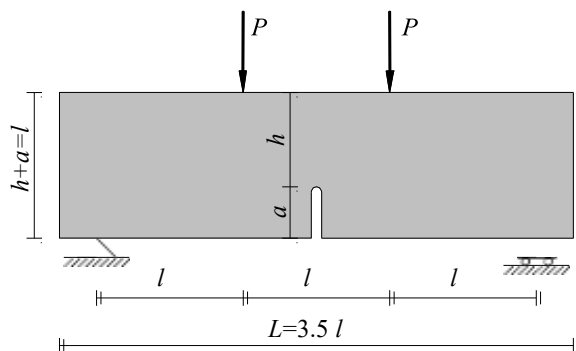


Figura 0-3 - Prova di flessione a quattro punti su provino intagliato.

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:

$$f_{eq1k} = f_{1tFk} \quad (3.10)$$

$$f_{eq2k} = f_{FtFk} \quad (3.11)$$

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:

$$f_{Ft} = \frac{f_{ct,exp}}{\beta(h)} \quad (3.12)$$

$$\beta(h) = \frac{25 + 2 \cdot h^{0.7}}{2 \cdot h^{0.7}} \quad [\text{mm}] \quad (3.13)$$

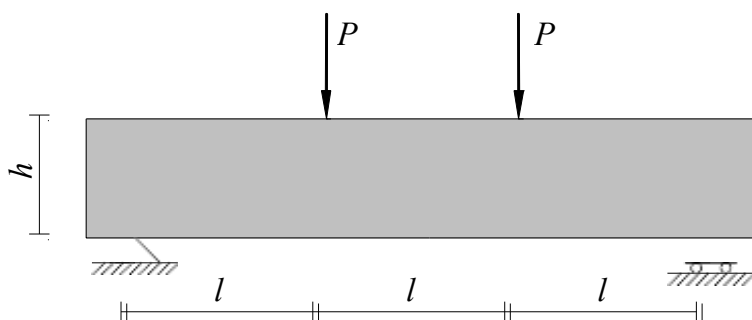


Figura 0-4 - Prova di flessione a quattro punti su provino "strutturale".

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:

$$f_{Fts} = f_{eq1} \quad (3.14)$$

$$f = f_{Ftu} - \frac{w_u}{w_{i2}} \cdot (f_{eq1} - f_{eq2}) \quad (3.15)$$

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 .

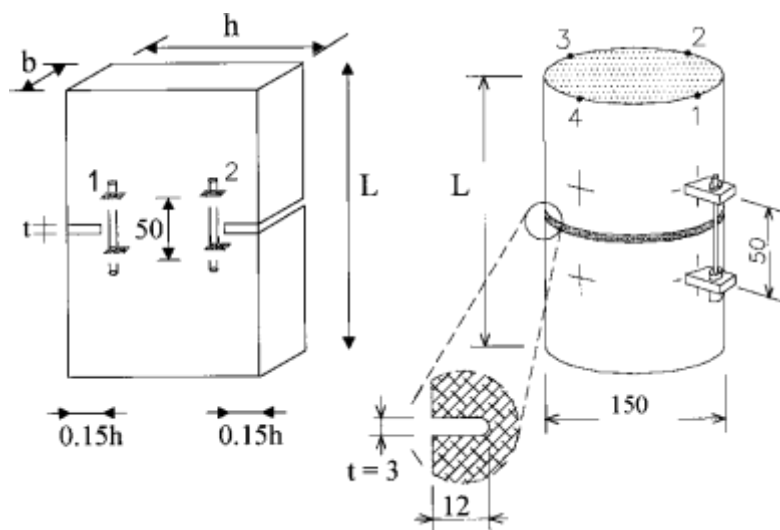


Figura 0-5 - Prova di trazione diretta su provino intagliato (misure in mm) .

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_{Ft} , 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 0-1).

Le relazioni tra i parametri f_{Ft} , f_{eq1} , f_{eq2} e quelli specifici introdotti nelle varie modalità di prova sono indicate in Appendice A.

Tabella 0-1 - 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 [MPa]	Ogni singolo risultato di prova x_j [MPa]
controllo tipo A	≥ 3	$\geq x_k + \emptyset$	$\geq x_k - \emptyset$
controllo tipo B	6	$\geq x_k + 1.87 \cdot \sigma$	$\geq x_k - \emptyset$
	7	$\geq x_k + 1.77 \cdot \sigma$	
	8	$\geq x_k + 1.72 \cdot \sigma$	
	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 0-1:

- σ denota lo scarto quadratico medio;
- \emptyset 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 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.

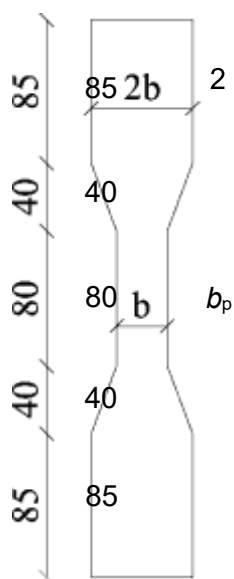


Figura 0-6 - Geometria del provino (misure in mm).

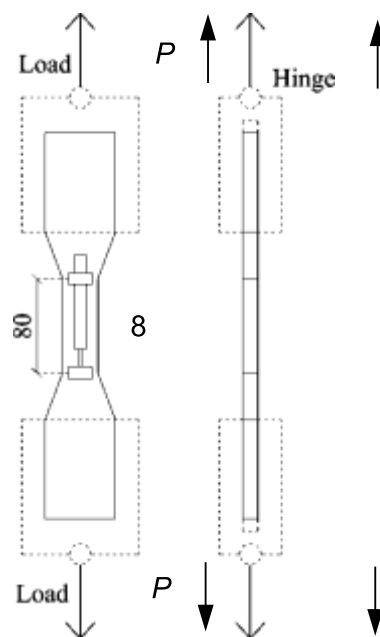


Figura 0-7 - Strumentazione per la prova di trazione (misure in mm).

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

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/m^3
- rapporto A/C: < 0.30
- consistenza: S5/SCC
- resistenza a compressione (EN 12190): $1g \geq 35 \text{ MPa}$, $28gg \geq 35 \text{ MPa}$
- resistenza a flessione (EN 196-1): $1g \geq 6 \text{ MPa}$, $28gg \geq 13 \text{ MPa}$
- resistenza a flessotrazione equivalente (EN 11039): $f_{eq(0.6-3.0)} \geq 9.0 \text{ MPa}$
- 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): $> 3 \text{ MPa}$

- compatibilità termica gelo/disgelo (EN 13687-1): > 2 MPa
- assorbimento capillare (EN 13057): $\leq 0.25 \text{ Kg} \times \text{m}^{-2} \times \text{h}^{-0.5}$
- 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 cementiti, microsilici reattive, additivi multifunzionali (stabilità volumetrica, reodinamicità, inibitori di corrosione, altri): dosaggio $\geq 550 \text{ Kg/m}^3$;

Componente B (LIQUIDO) :

Additivazione polivalente con funzioni superfluidificanti da formulati policarbossilati speciali (riduzione nanometrica del ritiro idrometrico ed autogeno, reodinamicità): dosaggio $\geq 18 \text{ Kg/m}^3$;

Componente C (FIBRE) :

Fibre di acciaio ad altissima resistenza a trazione ($>2800 \text{ N/mm}^2$), diam. $175 <$, $l= 15$ 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 ≤ 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 carpenterai 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 5-2 - 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 0-3 - Prove durante la produzione.

Oggetto	Proprieta'	Metodo	Frequenza	Registrazione
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:

$$f_{Fts} = 0.45 \cdot f_{eq1}, \quad (8.1)$$

$$f_{Ftu} = k \cdot f_{eq2} - \frac{w_{i2}}{f_{eq1}} \cdot (f_{eq2} - 0.5 \cdot f_{eq1} + 0.2 \cdot f_{eq2}) \geq 0, \quad (8.2)$$

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:

$$\varepsilon_{F1} = \frac{w_{i1}}{l_{cs}}, \quad (8.3)$$

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:

$$N = 0, \quad f \cdot b \cdot h^2 \quad (8.4)$$

$$M(\varepsilon_{F1}) = \frac{f_{eq1}}{6} \cdot b \cdot h^2$$

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:

$$M(\varepsilon_{F2}) = \frac{f_{eq2} \cdot b \cdot h^2}{6} \quad (8.5)$$

Il valore di $\varepsilon_{F2} = w_{i2}/l_{cs}$ fa riferimento al valore medio dell'intervallo di apertura di fessura assunto per la definizione del valore f_{eq2} .

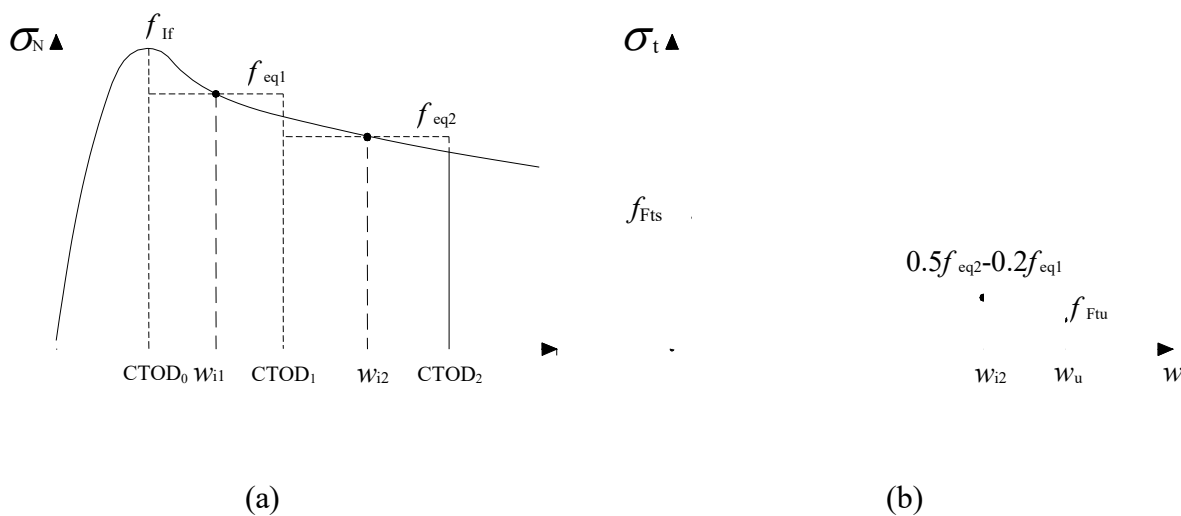


Figura 0-1 -Valori delle resistenze a trazione determinati sulla base dei risultati della prova

di flessione per materiali degradanti.

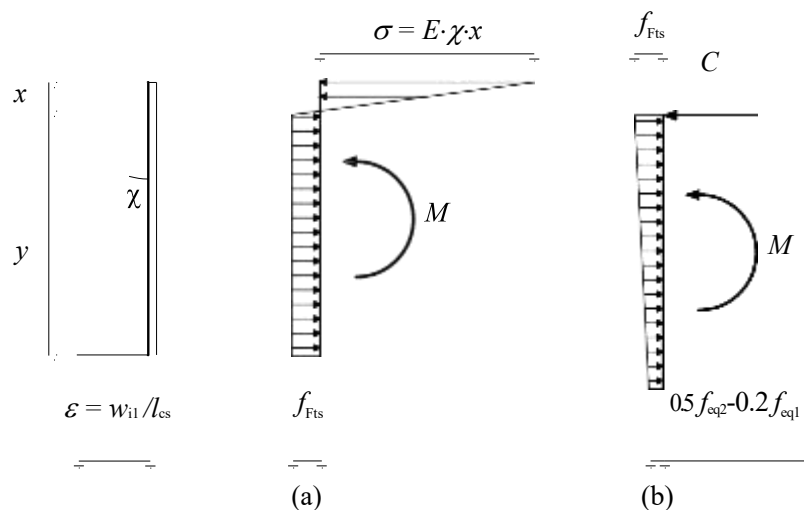


Figura 0-2 - Diagrammi tensionali per la determinazione della resistenza a trazione.

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:

$$f_{Ftu} = \frac{f_{eq2}}{3} \quad (8.6)$$

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:

$$M = \frac{f_{eq2} \cdot b \cdot h^2}{6} = \frac{f_{Ftu} \cdot b \cdot h^2}{2} \quad (8.7)$$

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:

$$f_{eq1k} = f_{eq(0-0.6)k} \quad (8.8)$$

$$f_{eq2k} = f_{eq(0.6-3.0)k} \quad (8.9)$$

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.

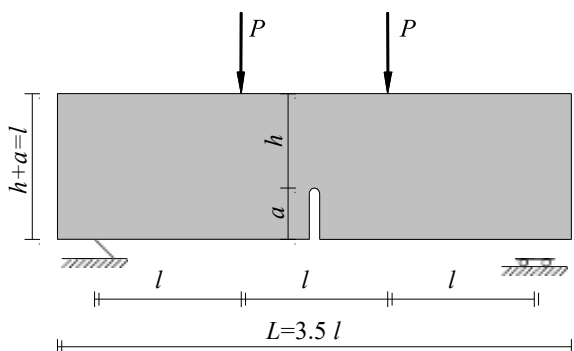


Figura 0-3 - Prova di flessione a quattro punti su provino intagliato.

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:

$$f_{eq1k} = f_{1tFk} , \quad (8.10)$$

$$f_{eq2k} = f_{Ftk} . \quad (8.11)$$

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:

$$f_{Ft} = \frac{f_{ct,exp}}{\beta(h)} . \quad (8.12)$$

$$\beta(h) = \frac{25 + 2 \cdot h^{0.7}}{2 \cdot h^{0.7}} \quad [\text{mm}] . \quad (8.13)$$

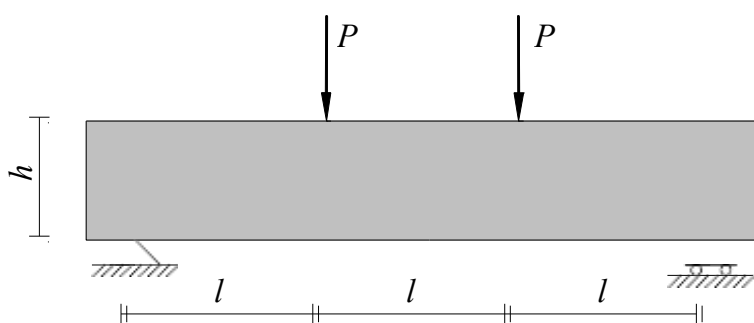


Figura 0-4 - Prova di flessione a quattro punti su provino "strutturale".

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:

$$f_{Fts} = f_{eq1}, \quad (8.14)$$

$$f_{Ftu} = f_{Fts} - \frac{w_u}{w_{i2}} \cdot (f_{eq1} - f_{eq2}). \quad (8.15)$$

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:

$$f_{eq1k} = f_{1tk}, \quad (8.16)$$

$$f_{eq2k} = f_{Ftk}. \quad (8.17)$$

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 .

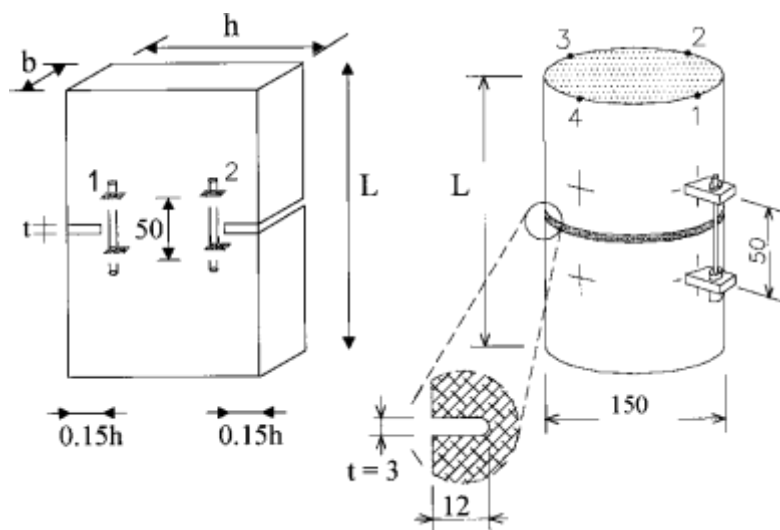


Figura 0-5 - Prova di trazione diretta su provino intagliato (misure in mm) .

Provino non intagliato

Per comportamento incoerente, 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_{Ft} , 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 0-1).

Le relazioni tra i parametri f_{Ft} , f_{eq1} , f_{eq2} e quelli specifici introdotti nelle varie modalità di prova sono indicate in Appendice A.

Tabella 0-1 - 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 [MPa]	Ogni singolo risultato di prova x_j [MPa]
controllo tipo A	≥ 3	$\geq x_k + \emptyset$	$\geq x_k - \emptyset$
controllo tipo B	6	$\geq x_k + 1.87 \cdot \sigma$	$\geq x_k - \emptyset$
	7	$\geq x_k + 1.77 \cdot \sigma$	
	8	$\geq x_k + 1.72 \cdot \sigma$	
	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 0-1:

- σ denota lo scarto quadratico medio;
- \emptyset 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 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.

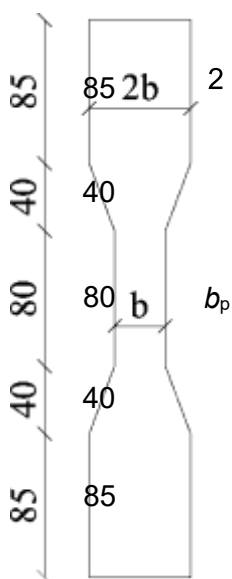


Figura 0-6 - Geometria del provino (misure in mm).

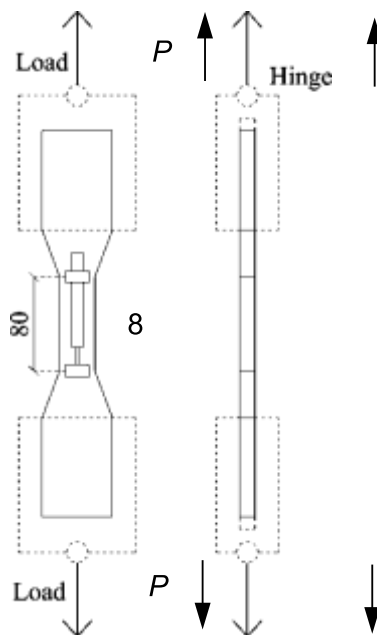


Figura 0-7 - Strumentazione per la prova di trazione (misure in mm)

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/adeguamento sono suddivisi nelle seguenti categorie:

- **leganti, malte, betoncini e calcestruzzi a base cementizia aventi caratteristiche espansive:** questi prodotti sono certamente i più diffusi negli interventi di restauro; il loro requisito fondamentale è l'espansione 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

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

adesione a calcestruzzo, acciaio ed ai diversi materiali da costruzione. I vari tipi di materiale, per i cui requisiti e specifiche prestazionali minime si rimanda ai punti 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.

Di tipo MC2: malta cementizia, premiscelata, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, reodinamica³, colabile, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili.

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 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.

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

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.

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, 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.

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.

Di tipo CS: calcestruzzo di cemento, espansivo alle brevi stagionature ed a stabilità volumetrica alle lunghe stagionature, autocompattante (SCC), avente $R_{ck} \geq 65$ MPa, assenza di bleeding ed elevata pompabilità, ottenuto utilizzando come legante uno speciale cemento espansivo tipo LS in luogo dei normali cementi, e miscelando ad esso acqua ed aggregati.

Di tipo CF: calcestruzzo di cemento, espansivo alle brevi stagionature ed a stabilità volumetrica alle lunghe stagionature, avente $R_{ck} \geq 50$ MPa, reoplastico (consistenza S4-S5), assenza di bleeding ed elevata pompabilità, 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 > 2800MPa, 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
TECNICHE	Rasatura	M R 1	M R 2											
	Spruzzo			MT1										
	rinzaffo			MT 2			MT 2*							
				MT3										

Colaggio	MC1		B1		
	MC 2		MC 2*	B2	
	MC3		B3		
	MC4		B4		
			B5		
			CF		
			CE, CS		
					RC
Spatola					RT
Iniezioni					RI
e					RA
Tassello					
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 50 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 50 mm anche in modo non omogeneo. Tale malta, essendo fibrorinforzata (fibre inorganiche flessibili), non richiede applicazione di rete elettrosaldata. E' utilizzata con semplicità anche per ripristini localizzati.
- **Tipo MT2** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 10 a 20 mm. Può essere utilizzata anche per interventi di spessore da 40 a 50 mm previa applicazione di rete elettrosaldata.
- **Tipo MT3** per ripristinare elementi strutturali che presentino degradi molto localizzati e spessori da 10 a 50 mm. Poiché sono malte che possono essere applicate anche su supporti solamente sabbiati sono utilizzati per interventi su elementi strutturali di difficile accesso sui quali non è possibile l'asportazione del calcestruzzo degradato per spessori 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:

- **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 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.

⁷ Come riportato nella tabella 19.1a il calcestruzzo di tipo CF può essere utilizzato per spessori maggiori o uguali di 80 mm

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

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

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.
- **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	Calcestr. di tipo CE	Legante di tipo LS	Calcestr. di tipo CS	Legante di tipo LF	Calcestr. 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

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 6556 (betoncini)				-	UNI 6556	-	UNI 6556	-	UNI 6556
Caratteristiche di tenacità	ASTM C1018 (solo per i tipi MC3, MC4, B3, B4)				-----					
Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio	RILEM-CEB-FIP RC6-78									
Duttilità - Test method for metallic fibre concrete - Measuring the flexural tensile strength (limit of proportionality (LOP), residual)	-				-					
Verifica corrodibilità fibre metalliche	-	Corrosion test (internal methods)		-	-				-	Corrosion test (internal methods)

* le normative 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/adeguamento

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.

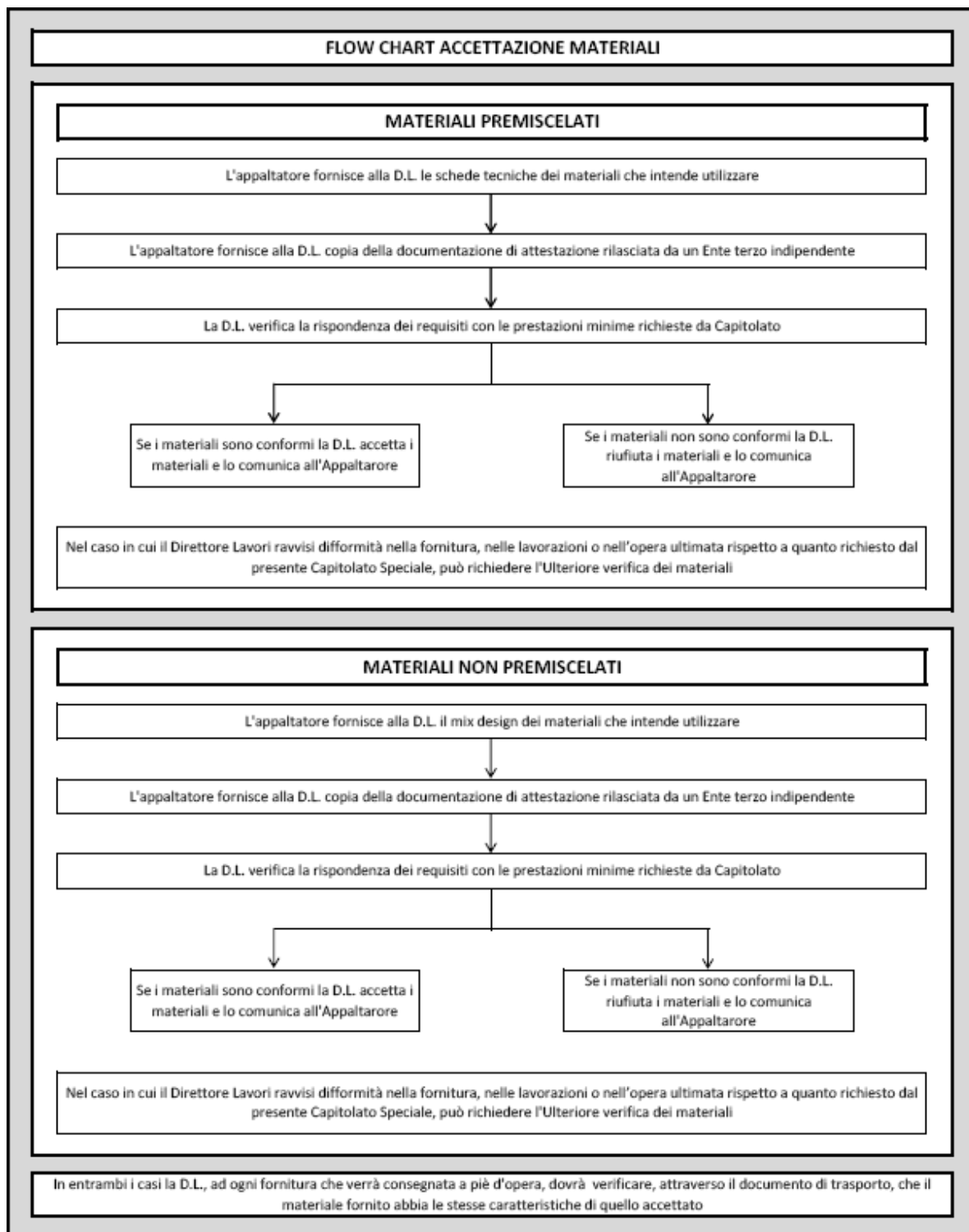


Tabella 23.3a - Prestazioni richieste per i materiali cementizi premiscelati ad espansione contrastata in aria

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
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
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 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 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>Lunghezza .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]	Lunghezza .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]	Lunghezza .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/adequamento e fasi esecutive

Le modalità esecutive variano in funzione dello spessore del calcestruzzo da asportare, da quello del ripristino e del tipo di materiale che sarà utilizzato, possono comunque essere sintetizzate nelle seguenti fasi:

- Asportazione del calcestruzzo degradato, sia il calcestruzzo incoerente che quello contaminato da cloruri o carbonatato che non è più in grado di passivare le armature;

- Pulizia delle armature eventualmente scoperte, qualora il degrado sia causato dalla corrosione dei ferri d'armatura è fondamentale creare condizioni elettrochimiche che evitino il proseguire della corrosione;
- Posizionamento delle eventuali armature aggiuntive;
- Posizionamento dell'eventuale rete elettrosaldata di contrasto;
- Pulizia e saturazione della superficie di 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.

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	Acqua in pressione	Acqua in pressione	Acqua a caduta o	Soffio d'aria compressa	

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

	supporto			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 rinzafo o colaggio	Spruzzo o rinzafo o colaggio	Spruzzo o rinzafo		Spatolatura o colaggio o iniezione
	Frattazzatura (sup.vert.) o staggiatura (sup.oriz.)	Richiesta	Richiesta	Richiesta		N.R.
	Stagionatura ¹⁰	Prodotti antievaporant i o acqua nebulizzata o teli in plastica	Prodotti antievaporant i o acqua nebulizzata o teli in plastica	Prodotti antievaporant i o acqua nebulizzata o teli in plastica		N.R.

N.R Fase esecutiva non richiesta

* per i materiali ad espansione contrastata dovrà garantirsi una macro ruvidità (asperità di circa 5mm di profondità)

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

¹⁰ Quando si devono applicare rivestimenti protettivi o trattamenti d'impermeabilizzazione si devono utilizzare prodotti antievaporanti che, dopo pochi giorni dall'applicazione, si polverizzino e siano di facile asportazione mediante lavaggio con acqua in pressione. L'adozione dei teli di plastica è limitata ai casi di protezione dei getti in climi particolarmente rigidi

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 poliacrilitrili.

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 poliacrilitrili).

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 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

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

- 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:

- **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.

- **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.

- **Controlli in corso d'opera**

La Direzione Lavori, durante il corso dei lavori, dovrà verificare:

- le caratteristiche meccaniche dei calcestruzzi, così come prescritto da normativa vigente (NTC 2018);
- la lavorabilità, in conformità a quanto previsto nella tab. 23.2a; e potrà, qualora lo ritenga opportuno, verificare in aggiunta:
- la verifica qualitativa della capacità espansiva del calcestruzzo (test d'inarcamento/imbarcamento secondo la metodologia descritta in *allegato B*);
- 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.

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

¹³ Per singolo elemento strutturale

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

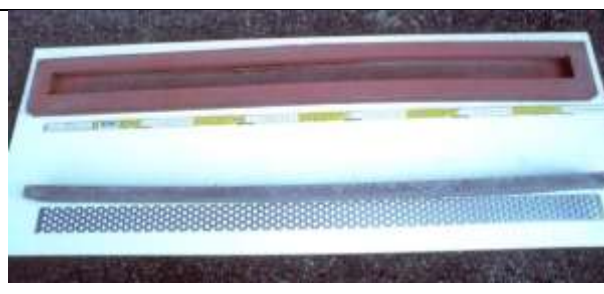


Fig. 4 - Tipico comportamento concavo di una malta che ritira all'aria

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

Art. 24 Sistemi protettivi per strutture in conglomerato cementizio

24.1 Sistemi protettivi filmogeni

24.1.1 Generalità

L'applicazione di sistemi filmogeni è la tecnica che si utilizza per proteggere l'elemento strutturale dall'aggressione di agenti aggressivi esterni quando attraverso le indagini si è accertata una delle seguenti situazioni:

- la struttura risulta ancora in buone condizioni e senza degrado superficiale, ancorché le indagini abbiano rivelato la presenza di uno spessore di calcestruzzo carbonatato, purché inferiore al copriferro;
- la struttura risulta ancora in buone condizioni e senza degrado superficiale, anche se le indagini hanno rilevato che sono iniziati fenomeni di corrosione nelle armature.

L'applicazione di sistemi protettivi filmogeni viene utilizzata anche quando si realizzano interventi di ripristino localizzati sia per equilibrare i potenziali elettrochimici delle armature, che per migliorare l'aspetto estetico. Si deve infatti evitare che parti di armatura avvolte da conglomerato di qualità diversa da punto a punto, vengano nuovamente a trovarsi in condizioni tali da generare nuove pile e reinnescare il processo di corrosione. L'applicazione di sistemi protettivi ha scopo di impedire o ritardare l'insorgere dei fenomeni che possono portare alla fessurazione, allo sgretolamento, al dilavamento, al rigonfiamento, alla delaminazione od al distacco di parti di calcestruzzo. Il sistema protettivo deve essere capace di costituire uno schermo verso l'ambiente impedendo da un lato la penetrazione degli aggressivi, dall'altro quella dell'acqua e dell'ossigeno, che contribuiscono alle reazioni che causano il degrado delle strutture.

24.1.2 Definizione e scelta dei sistemi protettivi

La scelta dei sistemi protettivi filmogeni deve essere effettuata in funzione del tipo di struttura, dell'elemento da proteggere ed in funzione del grado di aggressione a cui è sottoposto, il progetto indicherà il sistema da adottare, in accordo con le specifiche delle presenti Norme. Nei paragrafi seguenti sono individuati i requisiti, le caratteristiche e le prestazioni, con le relative fasi esecutive e di controllo del sistema 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 CO₂, acqua liquida, cloruri;
- la resistenza ai raggi UV, ai cicli di gelo e disgelo anche in presenza di sali disgelanti;

Con 300 µm di spessore si ottiene:

- la protezione contro l'ingresso di CO₂, acqua liquida, cloruri;
- la resistenza ai raggi UV, ai cicli di gelo e disgelo anche in presenza di sali disgelanti;
- una Crack bridging ability relativa a cavillature già presenti sul supporto di apertura < 300 µm;

Di tipo PA sistema protettivo elastico a base acrilica in acqua, applicabile a rullo o con airless su qualsiasi tipo di elemento strutturale dove sia richiesto un elevato grado di protezione ma non indicato su elementi strutturali a contatto permanente con acqua, è particolarmente utilizzato per la protezione di superfici in ambiente chiuso in quanto non contiene solventi mentre è sconsigliata l'applicazione in periodo invernale in quanto le basse temperature ne

rallentano l'indurimento. Costituito da un primer acrilico in acqua con spessore di 50 µm e finitura acrilica in acqua applicata in due differenti spessori in funzione del grado di protezione desiderata:

Con 200 µm di spessore si ottiene:

- la protezione contro l'ingresso di CO₂, acqua liquida, cloruri;
- la resistenza ai raggi UV, ai cicli di gelo e disgelo anche in presenza di sali disgelanti;

Con 300 µm di spessore si ottiene:

- la protezione contro l'ingresso di CO₂, acqua liquida, cloruri;
- la resistenza ai raggi UV, ai cicli di gelo e disgelo anche in presenza di sali disgelanti;
- una Crack bridging ability relativa a cavillature già presenti sul supporto di apertura < 300 µm;

Di tipo PM protettivo rigido monocomponente a base di metacrilati applicabile a rullo o con airless utilizzabile ove sia richiesto un buon grado di protezione senza alcun performance di Crack bridging ability. Costituito da un primer a base di metacrilati con spessore di 50 µm e finitura a base di metacrilati applicata in spessore di 100 µm;

Protezione di strutture idrauliche

Di tipo PE sistema protettivo rigido 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;

Tabella 24.1 - Sistemi protettivi

	per ponti, viadotti e cavalcavia				per strutture idrauliche		
Tip. O	PP		PA		PM	PE	
Prot.	Elevatissima		Elevata		Media	Elevata	Media
Spessore	primer 50 µm + finitura 300 µm	primer 50 µm + finitura 200 µm	primer 50 µm + finitura 300 µm	primer 50 µm + finitura 200 µm	primer 50 µm + finitura 100 µm	primer 50 µm + finitura 600 µm	primer 50 µm + finitura 400 µm

24.2 Requisiti e metodi di prova

Come viene riportato nella norma UNI EN 1504/2 la protezione pellicolare filmogena di strutture in c.a. consente di:

- proteggere dall'ingresso dell'aggressivo;
- incrementare la resistività elettrica mediante limitazione del tenore di 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 vapor 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		

24.3 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.

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 vapore 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 (assorbimento capillare)	< 0,08 kg·m ² ·h ^{-0,5}	< 0,1 kg·m ² ·h ^{-0,5}	< 0,005 kg·m ² ·h ^{-0,5}	< 0,005 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

24.4 Preparazione del supporto e modalità d'applicazione del sistema protettivo

La preparazione del calcestruzzo di supporto dovrà essere eseguita mediante sabbiatura sia per eliminare dalla superficie eventuali contaminanti, disarmanti e/o particelle in fase di distacco, che per aumentare l'aderenza del protettivo grazie ad una microruvidità superficiale, seguita da pulizia con aria compressa immediatamente prima della applicazione. Qualora il supporto presenti vespai od altre imperfezioni superficiali si dovrà provvedere al risanamento mediante rasatura con malte di tipo MR1 come descritto nell'art. 23. Quando il supporto presenta veri e propri degradi, ammaloramenti profondi, si dovrà asportare il calcestruzzo degradato e/o contaminato e

¹⁴ Spessore del protettivo 300 μm

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

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.

24.5 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

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

Art. 25 Acciaio per c.a. e c.a.p.

25.1 Generalità

Gli acciai per armature di c.a. e c.a.p. devono corrispondere ai tipi ed alle caratteristiche stabilite dal D.M. vigente (NTC 2018) 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.

25.2 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 (NTC 2018) 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	Requisito o
		C	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	$> 6.0\%$	Per acciai B450C
A_g minmo	$> 2.0\%$	Per acciai B450A
Rottura/snervamento	$1.13 \leq f_r/f_y \leq 1.37$	Per acciai B450C
Rottura/snervamento	$f_r/f_y \geq 1.03$	Per acciai B450A
Piegamento/raddrizzamento	Assenza di cricche	Per tutti

25.2.1 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 del 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 Piega	X	

25.2.2 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).

25.3 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.

25.4 Zincatura a caldo degli acciai

25.4.1 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 (NTC 2018) per acciai di qualità B450C e B450A .

25.4.2 Zincatura a caldo per immersione

25.4.2.1 Trattamento preliminare

Comprende le operazioni di sgrassaggio decapaggio, risciacquo, flussaggio, essiccamento e preriscaldamento a $400 \div 430$ K.

25.4.2.2 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 $710 \div 723$ 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 ($\cong 150$

μm). 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.

25.4.2.3 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 μ m).

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.

25.4.2.4 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.

25.4.2.5 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.

25.4.2.6 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 $80 \div 100 \mu\text{m}$

25.5 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	$0,03\%$	$< 2,0\%$	$1,0\%$	$0,045\%$	$0,03\%$	$18 \div 20$	$10 \div 12$	-
1.4435	$0,03\%$	$< 2,0\%$	$1,0\%$	$0,045\%$	$0,03\%$	$17 \div 19$	$12.5 \div 15$	$2.5 \div 3$

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.

25.6 Acciaio per c.a.p.

E' ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati CE secondo le procedure previste dal D.M. in vigore (NTC 2018)

25.6.1 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 $80 \div 100$ 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.

25.6.1.1 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 (NTC 2018):

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.

25.6.1.2 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.

25.6.1.3 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.

25.6.2 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.

25.6.3 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. 26 Acciaio per carpenteria (omissis)

Art. 27 Apparecchi d'appoggio e dispositivi antisismici (omissis)

Art. 28 Giunti di dilatazione su opere d'arte (omissis)

Art. 29 Rinforzo strutturale con materiali compositi fibrosi (omissis)

Art. 30 Misto granulare non legato per fondazione (omissis)

Art. 31 Fondazioni a legante idraulico (omissis)

Art. 32 Pavimentazioni in conglomerato bituminoso (omissis)

Art. 33 Strutture di sostegno e contenimento in elementi prefabbricati (omissis)

Art. 34 Impermeabilizzazione di opere d'arte

34.1 Norme Generali

Tutti i materiali per impermeabilizzazione dovranno rispondere ai requisiti prescritti dalle rispettive Norme di accettazione.

Particolare cura dovrà essere posta nella preparazione delle superfici da impermeabilizzare; eventuali punti singolari dovranno essere stuccati e sigillati con idonee malte o stucchi epossidici.

Dovranno avere adeguate pendenze per un regolare sgrondo delle acque e presentarsi sane, regolari, perfettamente pulite, assenti da oli, grassi, polveri e prive di residui di boiaccia o di malta cementizia, di prodotti disarmanti, di preesistenti impermeabilizzazioni. Le superfici dovranno essere asciutte e stagionate per almeno venti giorni per assicurare una buona adesione del manto impermeabilizzante. A questo fine la superficie dovrà essere sabbiata e/o bocciardata, anche quando siano stati eseguiti precedenti interventi di ripristino con l'impiego di betoncini o calcestruzzi reoplastici a ritiro compensato. A questi interventi preparatori dovrà seguire un'accurata pulizia delle superfici interessate anche mediante idrolavaggi (preferibilmente in periodi caldi o asciutti) e conseguente energica soffiatura con aria compressa.

L'esecuzione delle impermeabilizzazioni dovrà essere eseguita con la massima accuratezza, specialmente in prossimità di fori, passaggi, canne ecc.; il convogliamento delle acque meteoriche ai pluviali sarà assicurato mediante idonei pezzi speciali fissati a livello della soletta in calcestruzzo mediante l'impiego di stucchi epossidici al manto impermeabile e muniti di griglia parafoglie. L'impermeabilizzazione dovrà interessare anche le zone dei bocchettoni di scarico delle acque superficiali, ricoprendoli nell'area dei risvolti; non si dovranno in nessun modo danneggiare le attrezzature di smaltimento preesistenti e/o ricostruite. Le riprese di lavoro dovranno essere ridotte al minimo, salvo le esigenze particolari; in ogni caso dovrà essere assicurata una perfetta adesione tra vecchia e nuova membrana.

Il manto dovrà essere transitabile, senza distacchi e perforazioni, dal normale traffico di cantiere (escluso quello cingolato).

Dovrà risultare impermeabile, dopo la stesa su di esso dei conglomerati bituminosi, sotto una pressione di 1 MPa in permeometro, a 333 K per 5 h, anche nelle zone di giunto.

Le strutture sovrastanti gli strati impermeabili dovranno essere eseguite dopo il perfetto consolidamento degli strati stessi.

Eventuali perdite che si manifestassero sino a collaudo eseguito, dovranno essere sanate ed eliminate dall'Appaltatore a suo totale carico, compreso ogni lavoro di ripristino delle eventuali sovrastrutture.

L'Appaltatore dovrà sottoporre preliminarmente alla Direzione Lavori i campioni dei materiali che intende adottare per essere sottoposti alle prove di idoneità che saranno richieste dalla Direzione Lavori.

Potranno essere prelevati anche tasselli già posti in opera su cui effettuare le prove di laboratorio su zone scelte a caso.

Qualora dalle prove di cui sopra non risultassero le caratteristiche richieste, i materiali saranno rifiutati e l'Appaltatore dovrà allontanarli a sua cura e spese.

34.2 Manto con membrana elastica continua in materiale epossipoliuretano (omissis)

Art. 35 Impermeabilizzazione della superficie di estradosso delle gallerie artificiali (omissis)

Art. 36 Segnaletica verticale e orizzontale (omissis)

Art. 37 Sistemi antirumore (omissis)

Art. 38 Barriere di sicurezza

38.1 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 allegato 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.

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 è dotato il veicolo in movimento, limitando contemporaneamente gli effetti d'urto sui passeggeri.

Individuazione delle zone da proteggere

Le zone da proteggere per le finalità 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 dovrà 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 è maggiore o uguale a 1 m; la protezione è 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 necessità 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.

Conformità dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali e loro installazione

Tutti i componenti di un dispositivo di ritenuta devono avere adeguata durabilità 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 allegati le corrispondenti dichiarazioni di conformità 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 entità e comunque limitate esclusivamente alle modalità 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.

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 riporta 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'involuppo 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

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.

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%.

Modalità d'esecuzione

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*¹.

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 catadiottro, 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.

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.

* Come definiti dal DM 05.11.2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade"

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.

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*².

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.

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.

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

* Come definiti dal DM 05.11.2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade"

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 deposti 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 quando 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.

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.

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.

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.

Materiali

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.

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).

Posa in opera

Le modalità di posa in opera saranno concordate con la Direzione Lavori, alla quale l'Appaltatore sottoporrà il Progetto operativo.

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.

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 boccola 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.

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.

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.

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.

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.

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.

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

Materiali

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.

Zincatura

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/m².

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.

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 ACCETTABIL E
Spessore lamiera (≤ 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 cuspidi; 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. 39 Recinzioni metalliche (omissis)

Art. 40 Opere in verde (omissis)

Art. 41 Murature (omissis)

Art. 42 Intonaci (omissis)

Art. 43 Solai (omissis)

Art. 44 Controsoffitti (omissis)

Art. 45 Coperture (omissis)

Art. 46 Mantovane (omissis)

Art. 47 Pareti in pannelli prefabbricati (omissis)

Art. 48 Pareti divisorie mobili (omissis)

Art. 49 Controfodere (omissis)

Art. 50 Isolamenti (omissis)

Art. 51 Rivestimenti (omissis)

Art. 52 Vespai (omissis)

Art. 53 Pavimenti (omissis)

Art. 54 Canali di gronda, pluviali, scossaline, ecc.

54.1 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.

54.2 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.

54.3 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.

54.4 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.

54.1 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 lattronerie 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. 55 Rivestimenti in alluminio e leghe leggere di alluminio

Per foderature e manufatti anche scatolati in lamiera di alluminio puro (titolo 99,5%) dello spessore indicato in Progetto, dovrà essere impiegato alluminio primario PALP 99,5. Per i rivestimenti in profilati estrusi di alluminio anodizzato bianco satinato dovranno essere impiegate leghe leggere da lavorazione plastica resistente alla corrosione secondo le norme in vigore.

Le finiture potranno essere realizzate anche mediante:

- anodizzazione in alluminio puro, a colore naturale o per elettrocolorazione (di norma bruno, bronzo, nero);
- preverniciatura a forno con polveri poliestere, nei colori previsti; secondo quanto indicato negli elaborati di Progetto.

Nell'intradosso di pensiline, il rivestimento sarà eseguito con profilati cannettati estrusi di alluminio anodizzato bianco satinato, fissati alle strutture portanti mediante bulloneria.

I profilati dovranno avere lo spessore di 1,5 mm; la cannettatura avrà passo come da Progetto e profondità di almeno 3,5 mm e contenere particolari sagomature in corrispondenza dei vani per le plafoniere od altri accessori.

Art. 56 Infissi (omissis)

Art. 57 Tinteaggiature e verniciature (omissis)

Art. 58 Impianti (omissis)

NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

PARTE III

PARTE III	5
NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI	5
Art. 1 Norme generali	5
Art. 2 Lavori in economia	6
Art. 3 Scavi - demolizioni - rilevati	6
3.1 Scavi	7
3.1.1 Scavi in genere	7
3.1.2 Scavi di sbancamento	8
3.1.3 Scavo di fondazione (omissis)	8
3.2 Demolizioni di strutture	8
3.2.1 Asportazione di cls ammalorato su strutture esistenti	9
3.3 Preparazione del piano di posa (omissis)	11
3.4 Formazione di rilevati, riempimenti di cavi e rilevati di precarico	11
Art. 4 Pozzi di fondazione e contrafforti a pozzo (omissis)	14
Art. 5 Palancolate tipo Larssen (omissis)	14
Art. 6 Diaframmi a parete continua (omissis)	14
Art. 7 Pali di fondazione (omissis)	14
Art. 8 Trattamenti colonnari (Colonne consolidate Jet-grouting) (omissis)	14
Art. 9 Murature in genere e conglomerati cementizi	14
9.1 Murature	14
9.2 Ricostruzioni superficiali con malte cementizie	15
9.3 Conglomerati cementizi	16
9.3.1 Misurazione spessori di getto per incamiciature	19
9.3.2 Misurazione spessori di rivestimento protettivo filmogeno	19
Art. 10 Casseforme - Armature - Centinature - Varo travi prefabbricate	20
10.1 Armature	20
10.2 Attrezzature speciali autovaranti e autoportanti per l'esecuzione in opera di impalcati di ponti e viadotti (omissis)	21
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)	21
10.4 Centinature (omissis)	21
10.5 Acciaio per c.a. e c.a.p.	21
10.6 Tiranti di ancoraggio (omissis)	24
Art. 11 Muri in elementi prefabbricati - Strutture di sostegno - Pannelli di rivestimento prefabbricati (omissis)	24
Art. 12 Intonaco - Impermeabilizzazioni - Trattamento impregnante di	

12.1 Impermeabilizzazioni in cartongesso bitumato e in mastice d'asfalto sintetico e manti impermeabili costituiti da membrane a base bituminosa	25
12.2 Manti impermeabili di copertura costituiti da fogli in PVC o in gomma sintetica	25
12.3 Impermeabilizzazione di impalcati e gallerie artificiali (omissis)	25
Art. 13 Manufatti metallici	25
Art. 14 Lavori in sotterraneo (omissis)	27
Art. 15 Fondazioni stradali (omissis)	27
Art. 16 Conglomerati bituminosi (omissis)	27
Art. 17 Drenaggi (omissis)	27
Art. 18 Gabbioni e materassi metallici - Scogliere per difese spondali (omissis)	27
Art. 19 Canalette - mantellate - rivestimento di cunette e fossi - manufatti tubolari in lamiera di acciaio ondulata (omissis)	27
Art. 20 Opere in verde (omissis)	27
Art. 21 Segnaletica verticale ed orizzontale (omissis)	27
Art. 22 Pareti in pannelli prefabbricati (omissis)	27
Art. 23 Solai (omissis)	27
Art. 24 Controsoffitti (omissis)	27
Art. 25 Manti di copertura (omissis)	27
Art. 26 Mantovane (omissis)	27
Art. 27 Pannelli isolanti (omissis)	27
Art. 28 Rivestimenti (omissis)	27
Art. 29 Zoccolini battiscopa (omissis)	27
Art. 30 Opere in pietra (omissis)	27
Art. 31 Gradini (omissis)	27
Art. 32 Tubazioni, fognature, manufatti	27
32.1 Generalità	27
32.2 Tubazioni in PVC rigido	28
32.2.1 Tubazioni in polietilene ad alta densità (omissis)	28
32.3 Tubi in cemento pressato per fognature (omissis)	28

32.4	Pozzetti (omissis)	28
32.5	Vasche (omissis)	28
32.6	Le canne fumarie (omissis)	28
Art. 33	Infissi (omissis)	28
Art. 34	Impianto idrico - sanitario (omissis)	28
Art. 35	Tubazioni di acciaio zincato (omissis)	28
Art. 36	Impianto di riscaldamento - condizionamento (omissis)	28
Art. 37	Impianto elettrico, telefonico, antenna TV (omissis)	28

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 rettificata 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 disfaccimento 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 (omissis)

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 disaggio 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)

3.4 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 scotimento 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 Palancolate 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

Tutte le murature in genere saranno computate geometricamente, a volume od a superficie, secondo le indicazioni contenute negli articoli di Elenco Prezzi, in base a misure prese sul vivo dei muri, esclusi cioè gli intonaci.

Sarà fatta deduzione di tutti i vuoti di luce superiore a 1,00 m² e dei vuoti di canne fumarie, canalizzazioni, ecc., che abbiano sezione superiore a 0,25 m². Così pure sarà sempre fatta deduzione del volume corrispondente alla parte incastrata di pilastri, piattabande, ecc. in calcestruzzo anche armato, nonché di pietre naturali od artificiali, da contabilizzare con i relativi articoli di Elenco prezzi.

Altresì la muratura con lavorazione a «faccia vista», compresa la stuccatura e stilatura dei giunti con malta cementizia, sarà computata, a superficie effettiva di parete, con i relativi articoli di Elenco Prezzi.

Gli articoli di Elenco per le murature comprendono anche gli oneri sottoelencati:

- formazione di piattabande in muratura, spalle, pilastrini, mazzette, sguinci, strombature, incassature, ammorsature, canne, ecc;
- esecuzione di murature a pianta curva, di volte, archi ecc.;
- fornitura e posa in opera di controtelai in legno abete nei vani di porte interne.

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 umido¹ della singola mano applicata con le seguenti modalità:

- misura dello spessore mediante "pettine" di idonea graduazione secondo le specifiche della ASTM D 4414 (o D 1212);

¹Lo 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.

· 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 kg/dm³.

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 $80 \div 100$ 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 - Trattamento impregnante 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.

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

Saranno computati in superficie effettiva, piana o curva, orizzontale, verticale o comunque inclinata, senza tenere conto delle sovrapposizioni e degli sfridi.

I relativi articoli di Elenco prezzi comprendono anche tutte le forniture, prestazioni ed oneri, in essi compresi la preparazione dei piani di posa, la fornitura e stesa di primer, la formazione di risvolti e colli di raccordo.

12.2 Manti impermeabili di copertura costituiti da fogli in PVC o in gomma sintetica

Saranno computati in proiezione orizzontale della superficie netta coperta.

I relativi articoli di Elenco prezzi comprendono anche i risvolti perimetrali, il fissaggio alle strutture sottostanti con coprifilo in profilato estruso di alluminio, i pezzi speciali saldati al manto per il convogliamento dell'acqua ai pluviali, eventuali griglie parafoglie, i collari per il raccordo con le strutture emergenti, la prova di tenuta dei giunti, le sovrapposizioni e quant'altro occorrente per dare i manti finiti.

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 lamiere, lamiere ondulate, 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 sotterraneo (omissis)

Art. 15 Fondazioni stradali (omissis)

Art. 16 Conglomerati bituminosi (omissis)

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 (omissis)

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 Tubazioni, fognature, manufatti

32.1 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) interrato: 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.

32.2 Tubazioni in PVC rigido

Saranno computate a metro di lunghezza effettiva, compresi gli oneri previsti nei relativi articoli di Elenco Prezzi.

32.2.1 Tubazioni in polietilene ad alta densità (omissis)

32.3 Tubi in cemento pressato per fognature (omissis)

32.4 Pozzetti (omissis)

32.5 Vasche (omissis)

32.6 Le canne fumarie (omissis)

Art. 33 Infissi (omissis)

Art. 34 Impianto idrico - sanitario (omissis)

Art. 35 Tubazioni di acciaio zincato (omissis)

Art. 36 Impianto di riscaldamento - condizionamento (omissis)

Art. 37 Impianto elettrico, telefonico, antenna TV (omissis)

- DISPOSITIVI DI RITENUTA -

Art. 1. PRESCRIZIONI GENERALI

I progetti e i relativi lavori di installazione di barriere di sicurezza e altri dispositivi di ritenuta devono attenersi a quanto prescritto dal Decreto Ministeriale dei Lavori Pubblici n. 223 del 18 febbraio 1992 in materia di installazione di dispositivi di sicurezza e dalle successive integrazioni e modificazioni fino al vigente D.M. n°2367 del 21.6.2004.

L'Appaltatore dovrà utilizzare barriere di sicurezza e attenuatori d'urto dotati di Marcatura CE e pertanto installabili ai sensi del Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 28/06/2011. Per gli altri dispositivi, non marcabili CE (transizioni, terminali semplici, terminali speciali, varchi apribili), l'Appaltatore dovrà utilizzare prodotti rispondenti ai requisiti fissati dal D.M. n°2367 del 21.6.2004.

Art. 2. DISPOSITIVI DI RITENUTA PREVISTI IN PROGETTO

L'Appaltatore prima di iniziare la produzione si obbliga a comunicare alla Committente l'elenco dei fornitori individuati ed a fornire nei tempi debiti tutta le certificazioni e documentazioni attestanti la qualità dei prodotti forniti in termini di produzione ed installazione così come previsto da leggi e norme vigenti in materia di lavori pubblici, nonché dalle normative tecniche applicabili, secondo anche quanto di seguito dettagliato; ivi compresa la Dichiarazione con di cui all'art. 79, comma 17, del Decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010, n. 207

Art. 2.1. DISPOSITIVI SVILUPPATI DALLA COMMITTENTE

Laddove l'Appaltatore intenda utilizzare i dispositivi di sicurezza previsti in progetto sviluppati dalla Committente,

dovrà rendere noto alla stessa, nel periodo compreso tra l'aggiudicazione provvisoria e la definitiva, il produttore di cui ha deciso di avvalersi, ai fini dell'eventuale inserimento del medesimo nel Certificato di Conformità CE laddove non risulti già inserito nell'Allegato 2 ai certificati di prestazione CE (nella disponibilità della Committente).

A tale scopo, detto produttore dovrà rendersi disponibile all'ispezione da parte dell'"Organismo Notificato" che ha emesso i Certificati di Prestazione CE, ai fini dell'accertamento dell'operatività e della conformità del "Controllo di Produzione di Fabbrica" (FPC).

In caso di esito negativo di tale accertamento, la Committente comunicherà all'Appaltatore le motivazioni che non hanno consentito di autorizzare il produttore da questi indicato e fornirà una lista di produttori, precedentemente certificati dal predetto "Organismo Notificato", tra cui l'Appaltatore dovrà scegliere.

Art. 2.2. DISPOSITIVI SVILUPPATI DA ALTRI PRODUTTORI

L'appaltatore dovrà fornire, per ciascun tipo di DISPOSITIVO sviluppato da altro produttore, la seguente documentazione: crash test report (compresi eventuali integrazioni e supplementi), filmati di crash, disegni costruttivi (di insieme e di dettaglio di tutte le parti del DISPOSITIVO), manuali di utilizzo ed installazione, certificati di prestazione CE ai sensi della norma UNI EN 1317-5.

Art. 2.3. DISPOSITIVI COMPLEMENTARI (non marcabili CE)

Per ciascun DISPOSITIVO non marcabile CE ma sottoposto a prove iniziali di tipo (crash test), quali Terminali Speciali e Dispositivi Amovibili per Varchi, l'Appaltatore dovrà fornire la seguente documentazione :

- Certificato di omologazione (ove disponibile), rilasciato dal Ministero delle Infrastrutture;
- Crash test report (compresi eventuali integrazioni e supplementi), filmati di crash, manuali di utilizzo ed

installazione, disegni costruttivi (di insieme e di dettaglio di tutte le parti del DISPOSITIVO), manuali di utilizzo ed installazione ed ogni altro documento utilizzato per l'ottenimento dell'Omologa.

La Committente si riserva di approvare la suddetta documentazione ed eventualmente di richiedere modifiche ed integrazioni ulteriori sulla base dell'analisi effettuata per rendere la soluzione proposta compatibile con le caratteristiche dell'infrastruttura.

Transizioni, Terminali semplici e Cuspidi, dovranno essere realizzati in accordo ai disegni costruttivi allegati al presente progetto, eventuali modifiche dovranno essere sottoposte all'approvazione della Committente. Sarà onere della Appaltatore produrre e sottoporre all'approvazione della Committente, prima dell'avvio della produzione, i disegni costruttivi dei dispositivi complementari per i quali, nel progetto, è stato sviluppato il solo tipologico.

Art. 3. DISPOSITIVI DI RITENUTA EQUIVALENTI

E' in facoltà dell'Appaltatore proporre alla Committente dispositivi di ritenuta equivalenti, alternativi rispetto a quelli previsti in progetto.

Tali dispositivi equivalenti dovranno rispondere ai requisiti prestazionali indicati nel successivo paragrafo 3.2 ed inoltre l'Appaltatore, dovrà fornire la documentazione di cui al successivo paragrafo 3.1.

Detta documentazione dovrà essere oggetto di specifica approvazione da parte della Committente; in mancanza l'Appaltatore è obbligato ad avvalersi dei dispositivi previsti in progetto senza eccezione alcuna.

Art. 3.1. DOCUMENTAZIONE DA PRESENTARE

Nel caso l'Appaltatore intenda utilizzare dispositivi equivalenti dovrà fornire la seguente documentazione:

a) dichiarazione di equivalenza dei dispositivi utilizzati come base di offerta, sotto il profilo della

classe di contenimento e tutti gli elementi comprovanti il rispetto dei requisiti indicati al paragrafo 3.2;

b) dichiarazione, attestante che il dispositivo proposto non è stato oggetto di parere negativo di respingimento da parte del Ministero delle Infrastrutture e/o del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici nell'ambito della normativa vigente in materia di omologazioni sino al 31/12/2010;

c) crash test report, filmati di crash, disegni costruttivi, manuali di utilizzo ed installazione, certificati di prestazione CE ai sensi della norma UNI EN 1317-5 o eventuali certificati di omologazione (per dispositivi equivalenti soggetti ad omologa ai sensi del D.M. 2367/04 e non marcabili CE, con particolare riferimento ai dispositivi amovibili per varchi).

d) disegni costruttivi delle transizioni tra i dispositivi proposti e tra questi ultimi e le altre barriere previste in progetto o esistenti così come specificato all'interno degli elaborati di progetto;

e) disegni costruttivi degli elementi terminali e di avvio delle barriere equivalenti proposte;

f) dichiarazione nella quale l'Appaltatore conferma di aver preso visione dei luoghi dove i dispositivi verranno installati, di aver preso visione e verificato tutti i documenti progettuali e pertanto attesta che il progetto esecutivo può essere considerato equivalente anche utilizzando dispositivi diversi da quelli previsti in progetto. Se del caso, l'Appaltatore accluderà nella dichiarazione l'eventuale proposta di modifiche per garantire l'installazione all'interno dell'infrastruttura esistente. L'accettabilità di dette modifiche sarà poi oggetto di verifica da parte della Committente;

g) le modifiche necessarie ad adattare il progetto esecutivo aggiornato sulla base dei dispositivi proposti (se del caso).

Art. 3.2. CRITERI DI EQUIVALENZA

La Committente verificherà la sussistenza dell'equivalenza

dei dispositivi proposti sulla base dei requisiti tecnico-geometrici di seguito indicati e del comportamento dei dispositivi in sede crash desunto dall'analisi della documentazione di cui al precedente paragrafo.

1. BARRIERA BORDO LATERALE METALLICA A LAMA E PALETTI CLASSE H2 W6 (rif. progetto BROH2-21 infissione 1450 mm) :

BARRIERA BORDO LATERALE MONOFILARE METALLICA A LAMA A TRIPLA ONDA E PALETTI, sottoposta a crash su una fila, in classe H2, secondo la norma UNI-EN 1317

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE:

o l'intero dispositivo deve avere altezza non superiore a 100 cm e ingombro trasversale massimo non superiore a 45 cm e non inferiore a 40 cm

o qualora il dispositivo contenga barre, trefoli, queste dovranno essere protette o profilati in acciaio zincati, già verificati in sede di prova d'urto

LARGHEZZA OPERATIVA NORMALIZZATA :

o Test TB11: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 0,9$ m

o Test TB51: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 1,9$ m

DEFLESSIONE DINAMICA NORMALIZZATA :

o Test TB11: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 0,6$ m

o Test TB51: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 1,8$ m

POSIZIONE DINAMICA LATERALE MASSIMA VEICOLO

o Test TB51: Posizione laterale del veicolo (*) $\leq 2,1$ m

ASI $\leq 1,1$

PROFONDITA' MINIMA di INFISSIONE STANDARD del PALETTO da CRASH TEST: 0,95 m

LUNGHEZZA di INFISSIONE del PALETTO: nel caso in cui il progetto preveda una lunghezza di infissione maggiorata rispetto a quella utilizzata nelle prove di crash (installazione standard) il dispositivo proposto dovrà garantire analogha maggiorazione. Eventuali modifiche alla configurazione standard del dispositivo proposto saranno ritenute ammissibili solo in presenza di uno specifico Certificato di Prestazione CE rilasciato ai sensi della norma UNI EN 1317-5 come prodotto modificato.

(*) se tale grandezza non è riportata nei certificati di crash test del dispositivo si è fatto o si farà riferimento alla Vehicle Intrusion secondo EN1317-2:2010.

2. BARRIERA BORDO LATERALE METALLICA A LAMA E PALETTI
CLASSE H2 W4 (rif. progetto BROH2-21-R-1450) :

BARRIERA BORDO LATERALE MONOFILARE METALLICA A LAMA A TRIPLA ONDA E PALETTI, sottoposta a crash su una fila, in classe H2, secondo la norma UNI-EN 1317

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE:

o l'intero dispositivo deve avere altezza non superiore a 100 cm e ingombro trasversale massimo non superiore a 45 cm e non inferiore a 40 cm

o qualora il dispositivo contenga barre, trefoli, queste dovranno essere protette o profilati in acciaio zincati, già verificati in sede di prova d'urto

LARGHEZZA OPERATIVA NORMALIZZATA :

o Test TB11: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 0,6$ m

o Test TB51: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 1,2$ m

DEFLESSIONE DINAMICA NORMALIZZATA :

o Test TB11: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 0,3$ m

o Test TB51: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 1,0$ m

POSIZIONE DINAMICA LATERALE MASSIMA VEICOLO

o Test TB51: Posizione laterale del veicolo (*) $\leq 1,3$ m

ASI $\leq 1,1$

PROFONDITA' MINIMA di INFISSIONE STANDARD del PALETTO da CRASH TEST: 0,95 m

LUNGHEZZA di INFISSIONE del PALETTO: nel caso in cui il progetto preveda una lunghezza di infissione maggiorata rispetto a quella utilizzata nelle prove di crash (installazione standard) il dispositivo proposto dovrà garantire analogha maggiorazione. Eventuali modifiche alla configurazione standard del dispositivo proposto saranno ritenute ammissibili solo in presenza di uno specifico Certificato di Prestazione CE rilasciato ai sensi della norma UNI EN 1317-5 come prodotto modificato.

(*) se tale grandezza non è riportata nei certificati di crash test del dispositivo si è fatto o si farà riferimento alla Vehicle Intrusion secondo EN1317-2:2010.

3. BARRIERA BORDO LATERALE METALLICA A LAMA E PALETTI IN CLASSE H3 W6 (rif. progetto BROH3BL6 infissione 1300 mm):

BARRIERA BORDO LATERALE MONOFILARE METALLICA A LAMA A TRIPLA ONDA E PALETTI, sottoposta a crash su una fila, in classe H3, secondo la norma UNI-EN 1317

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE :

o la lama a tre onde del dispositivo deve avere una altezza non superiore a 100 cm e l'intero dispositivo deve avere un ingombro trasversale massimo non superiore a 50 cm e non inferiore a 44 cm

o qualora il dispositivo contenga barre, trefoli, queste dovranno essere protette con profilati in acciaio zincati, già verificati in sede di prova d'urto

LARGHEZZA OPERATIVA NORMALIZZATA :

o Test TB11: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 0,5$ m

o Test TB61: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 1,9$ m

DEFLESSIONE DINAMICA NORMALIZZATA :

o Test TB11: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 0,3$ m

o Test TB61: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 1,7$ m

POSIZIONE DINAMICA LATERALE MASSIMA VEICOLO

o Test TB61: Posizione laterale del veicolo (*) ≤ 2.4 m

ASI $\leq 1,1$

PROFONDITA' MINIMA di INFISSIONE STANDARD del PALETTO da CRASH TEST: 1,00 m

LUNGHEZZA di INFISSIONE del PALETTO: nel caso in cui il progetto preveda una lunghezza di infissione maggiorata rispetto a quella utilizzata nelle prove di crash

(installazione standard) il dispositivo proposto dovrà garantire analoga maggiorazione. Eventuali modifiche alla configurazione standard del dispositivo proposto saranno ritenute ammissibili solo in presenza di uno specifico Certificato di Prestazione CE rilasciato ai sensi della

norma UNI EN 1317-5 come prodotto modificato.

(*) se tale grandezza non è riportata nei certificati di crash test del dispositivo si è fatto o si farà riferimento alla Vehicle Intrusion secondo EN1317-2:2010.

4. BARRIERA BORDO LATERALE METALLICA A LAMA E PALETTI IN CLASSE H3 W5 (rif. progetto 3N.TU-brl65):

BARRIERA BORDO LATERALE MONOFILARE METALLICA A LAMA A TRIPLA ONDA E PALETTI, sottoposta a crash su una fila, in classe H3, secondo la norma UNI-EN 1317

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE :

o la lama a tre onde del dispositivo deve avere una altezza non superiore a 100 cm e l'intero dispositivo deve avere un ingombro trasversale massimo non superiore a 50 cm e non inferiore a 44 cm

o qualora il dispositivo contenga barre, trefoli, queste dovranno essere protette con profilati in acciaio zincati, già verificati in sede di prova d'urto

LARGHEZZA OPERATIVA NORMALIZZATA :

o Test TB11: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 0,7$ m

o Test TB61: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 1,5$ m

DEFLESSIONE DINAMICA NORMALIZZATA :

o Test TB11: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 0,4$ m

o Test TB61: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 1,2$ m

POSIZIONE DINAMICA LATERALE MASSIMA VEICOLO

o Test TB61: Posizione laterale del veicolo (*) $\leq 1,5$ m

ASI $\leq 1,1$

PROFONDITA' MINIMA di INFISSIONE STANDARD del PALETTO da CRASH TEST: 1,00 m

LUNGHEZZA di INFISSIONE del PALETTO: nel caso in cui il progetto preveda una lunghezza di infissione maggiorata rispetto a quella utilizzata nelle prove di crash (installazione standard) il dispositivo proposto dovrà garantire analoga maggiorazione. Eventuali modifiche alla configurazione standard del dispositivo proposto saranno

ritenute ammissibili solo in presenza di uno specifico Certificato di Prestazione CE rilasciato ai sensi della norma UNI EN 1317-5 come prodotto modificato.

(*) se tale grandezza non è riportata nei certificati di crash test del dispositivo si è fatto o si farà riferimento alla Vehicle Intrusion secondo EN1317-2:2010.

5. BARRIERA BORDO LATERALE METALLICA A LAMA E PALETTI IN CLASSE H4 (rif. progetto 3N.TU-br179) :

BARRIERA BORDO LATERALE MONOFILARE METALLICA A LAMA A TRIPLA ONDA E PALETTI, sottoposta a crash su una fila, in classe H4, secondo la norma UNI-EN 1317

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE :

o la lama a tre onde del dispositivo deve avere una altezza non superiore a 100 cm e l'intero dispositivo deve avere un ingombro trasversale massimo non superiore a 50 cm e non inferiore a 44 cm

o qualora il dispositivo contenga barre, trefoli, queste dovranno essere protette con profilati in acciaio zincati, già verificati in sede di prova d'urto

LARGHEZZA OPERATIVA NORMALIZZATA :

o Test TB11: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 0,7$ m

o Test TB81: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 1,3$ m

DEFLESSIONE DINAMICA NORMALIZZATA :

o Test TB11: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 0,3$ m

o Test TB51: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 0,8$ m

POSIZIONE DINAMICA LATERALE MASSIMA VEICOLO

o Test TB81: Posizione laterale del veicolo (*) $\leq 1,3$ m

ASI $\leq 1,4$

PROFONDITA' MINIMA di INFISSIONE STANDARD del PALETTO da CRASH TEST: 1,00 m

LUNGHEZZA di INFISSIONE del PALETTO: nel caso in cui il progetto preveda una lunghezza di infissione maggiorata rispetto a quella utilizzata nelle prove di crash (installazione standard) il dispositivo proposto dovrà

garantire analoga maggiorazione. Eventuali modifiche alla configurazione standard del dispositivo proposto saranno ritenute ammissibili solo in presenza di uno specifico Certificato di Prestazione CE rilasciato ai sensi della norma UNI EN 1317-5 come prodotto modificato.

(*) se tale grandezza non è riportata nei certificati di crash test del dispositivo si è fatto o si farà riferimento alla Vehicle Intrusion secondo EN1317-2:2010.

6. BARRIERA BORDO PONTE METALLICA A LAMA E PALETTI IN CLASSE H2 (rif. progetto BROH2BP4/BROH2BP4-RETE):

- BARRIERA BORDO PONTE MONOFILARE METALLICA A LAMA A TRIPLA ONDA E PALETTI, sottoposta a crash su una fila, in classe H2, secondo la norma UNI-EN 1317
- CARATTERISTICHE GEOMETRICHE:
 - o l'intero dispositivo deve avere un ingombro trasversale massimo non superiore a 50 cm
 - o qualora il dispositivo contenga barre, trefoli, queste dovranno essere protette con profilati in acciaio zincati, già verificati in sede di prova d'urto
- LARGHEZZA OPERATIVA NORMALIZZATA :
 - o Test TB11: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 0,5$ m
 - o Test TB51: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 1,2$ m
- DEFLESSIONE DINAMICA NORMALIZZATA :
 - o Test TB11: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 0,2$ m
 - o Test TB51: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 0,8$ m
- POSIZIONE DINAMICA LATERALE MASSIMA VEICOLO
 - o Test TB51: Posizione laterale del veicolo (*) $\leq 1,2$ m
- ASI $\leq 1,4$
- INSTALLAZIONE SUI CORDOLI, dovranno essere rispettate le seguenti condizioni:
 - o in nessun punto la sagoma trasversale della barriera dovrà fuoriuscire da un cordolo di 50 cm di larghezza,
 - o i tasselli di ancoraggio anteriori (lato strada) non dovranno trovarsi ad una distanza inferiore a 12 cm dallo

spigolo anteriore del cordolo,

o la lama anteriore a tripla onda dovrà essere allineata con lo spigolo anteriore (lato strada) del cordolo,
o il funzionamento del sistema di ancoraggio della barriera al cordolo dovrà essere dimostrato nella condizione di installazione su un cordolo da 50 cm di larghezza. Tale verifica dovrà essere comprovata da una dettagliata e documentata relazione tecnica di un professionista iscritto all'albo degli ingegneri.

Tale verifica potrà essere omessa solamente se lo schema di installazione utilizzato in sede di crash test corrisponde esattamente a quello sopra indicato.

INSTALLAZIONE del DISPOSITIVO in SEDE di CRASH TEST:
L'installazione in sede di crash test dovrà essere stata effettuata con il piano di estradosso del cordolo di ancoraggio posizionato ad una quota non superiore a 5 cm rispetto alla quota del piano di rotolamento del veicolo impattante.

FUNZIONAMENTO del DISPOSITIVO in SEDE di CRASH TEST :
in nessun caso dovrà risultare dai filmati e dai report che le ruote del mezzo impattante abbiano utilizzato come supporto, durante l'urto, un eventuale spazio disponibile sul cordolo in calcestruzzo dietro la barriera, ovvero dietro le piastre di ancoraggio.

FUNZIONAMENTO del DISPOSITIVO in SEDE di CRASH TEST:
in nessun caso dovrà risultare dai filmati e dai report il distacco completo di un paletto dalla piastra di ancoraggio o della piastra di ancoraggio di un paletto dal cordolo, con sfilamento/tranciamento completo di tutti i tirafondi.

(*) se tale grandezza non è riportata nei certificati di crash test del dispositivo si è fatto o si farà riferimento alla Vehicle Intrusion secondo EN1317-2:2010.

7. BARRIERA BORDO PONTE METALLICA A LAMA E PALETTI IN CLASSE H4 W5 (rif. progetto BROH4BP8/BROH4BP8-RETE):

BARRIERA BORDO PONTE MONOFILARE METALLICA A LAMA A

TRIPLA ONDA E PALETTI, sottoposta a crash su una fila, in classe H4, secondo la norma UNI-EN 1317

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE:

o l'intero dispositivo deve avere un ingombro trasversale massimo non superiore a 50 cm

o qualora il dispositivo contenga barre, trefoli, queste dovranno essere protette con profilati in acciaio zincati, già verificati in sede di prova d'urto

LARGHEZZA OPERATIVA NORMALIZZATA :

o Test TB11: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 0,5$ m

o Test TB81: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 1,7$ m

DEFLESSIONE DINAMICA NORMALIZZATA :

o Test TB11: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 0,3$ m

o Test TB81: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 1,4$ m

POSIZIONE DINAMICA LATERALE MASSIMA VEICOLO

o Test TB81: Posizione laterale del veicolo (*) $\leq 1,7$ m

ASI $\leq 1,2$

INSTALLAZIONE SUI CORDOLI, dovranno essere rispettate le seguenti condizioni :

o in nessun punto la sagoma trasversale della barriera dovrà fuoriuscire da un cordolo di 50 cm di larghezza,

o i tasselli di ancoraggio anteriori (lato strada) non dovranno trovarsi ad una distanza inferiore a 12 cm dallo spigolo anteriore del cordolo,

o la lama anteriore a tripla onda dovrà essere allineata con lo spigolo anteriore (lato strada) del cordolo,

o il funzionamento del sistema di ancoraggio della barriera al cordolo dovrà essere dimostrato nella condizione di installazione su un cordolo da 50 cm di larghezza. Tale verifica dovrà essere comprovata da una dettagliata e documentata relazione tecnica di un professionista iscritto all'albo degli ingegneri.

Tale verifica potrà essere omessa solamente se lo schema di installazione utilizzato in sede di crash test corrisponde esattamente a quello sopra indicato.

INSTALLAZIONE del DISPOSITIVO in SEDE di CRASH TEST:

L'installazione in sede di crash test dovrà essere stata effettuata con il piano di estradosso del cordolo di ancoraggio posizionato ad una quota non superiore a 5 cm rispetto alla quota del piano di rotolamento del veicolo impattante.

FUNZIONAMENTO del DISPOSITIVO in SEDE di CRASH TEST : in nessun caso dovrà risultare dai filmati e dai report che le ruote del mezzo impattante abbiano utilizzato come supporto, durante l'urto, un eventuale spazio disponibile sul cordolo in calcestruzzo dietro la barriera, ovvero dietro le piastre di ancoraggio.

FUNZIONAMENTO del DISPOSITIVO in SEDE di CRASH TEST: in nessun caso dovrà risultare dai filmati e dai report il distacco completo di un paletto dalla piastra di ancoraggio o della piastra di ancoraggio di un paletto dal cordolo, con sfilamento/tranciamento completo di tutti i tirafondi.

RETE DI PROTEZIONE: il Certificato di Prestazione CE rilasciato ai sensi della norma UNI EN 1317-5, anche come prodotto modificato, dovrà esplicitamente prevedere la possibilità di installazione a tergo della barriera di rete protezione le cui caratteristiche geometriche e meccaniche dovranno essere riportate negli elaborati tecnici prodotti in sede di richiesta di certificazione di conformità.

PIASTRE MODIFICATE: qualora l'adattamento della barriera alle strutture di supporto richieda l'adozione di piastre modificate rispetto alla configurazione della barriera di sicurezza in sede di test crash, tali modifiche dovranno essere oggetto di specifico Certificato di Prestazione CE come prodotto modificato ai sensi della norma UNI EN 1317-5.

(*) se tale grandezza non è riportata nei certificati di crash test del dispositivo si è fatto o si farà riferimento alla Vehicle Intrusion secondo EN1317-2:2010.

8. BARRIERA BORDO PONTE METALLICA A LAMA E PALETTI IN CLASSE H4 W3 (rif. progetto 3N-TU-bpl.66):

- BARRIERA BORDO PONTE MONOFILARE METALLICA A LAMA A TRIPLA ONDA E PALETTI, sottoposta a crash su una fila, in classe H4, secondo la norma UNI-EN 1317
- CARATTERISTICHE GEOMETRICHE:
 - o l'intero dispositivo deve avere un ingombro trasversale massimo non superiore a 52 cm
 - o qualora il dispositivo contenga barre, trefoli, queste dovranno essere protette con profilati in acciaio zincati, già verificati in sede di prova d'urto
- LARGHEZZA OPERATIVA NORMALIZZATA :
 - o Test TB11: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 0,6$ m
 - o Test TB81: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 0,9$ m
- DEFLESSIONE DINAMICA NORMALIZZATA :
 - o Test TB11: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 0,1$ m
 - o Test TB81: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 0,5$ m
- POSIZIONE DINAMICA LATERALE MASSIMA VEICOLO
 - o Test TB81: Posizione laterale del veicolo (*) $\leq 1,0$ m
- ASI $\leq 1,4$
- INSTALLAZIONE SUI CORDOLI, dovranno essere rispettate le seguenti condizioni :
 - o in nessun punto la sagoma trasversale della barriera dovrà fuoriuscire da un cordolo di 60 cm di larghezza,
 - o i tasselli di ancoraggio anteriori (lato strada) non dovranno trovarsi ad una distanza inferiore a 12 cm dallo spigolo anteriore del cordolo,
 - o la lama anteriore a tripla onda dovrà essere allineata con lo spigolo anteriore (lato strada) del cordolo,
 - o il funzionamento del sistema di ancoraggio della barriera al cordolo dovrà essere dimostrato nella condizione di installazione su un cordolo da 60 cm di larghezza. Tale verifica dovrà essere comprovata da una dettagliata e documentata relazione tecnica di un professionista iscritto all'albo degli ingegneri.Tale verifica potrà essere omessa solamente se lo schema di installazione utilizzato in sede di crash test corrisponde esattamente a quello sopra indicato.

INSTALLAZIONE del DISPOSITIVO in SEDE di CRASH TEST:

L'installazione in sede di crash test dovrà essere stata effettuata con il piano di estradosso del cordolo di ancoraggio posizionato ad una quota non superiore a 5 cm rispetto alla quota del piano di rotolamento del veicolo impattante.

FUNZIONAMENTO del DISPOSITIVO in SEDE di CRASH TEST :

in nessun caso dovrà risultare dai filmati e dai report che le ruote del mezzo impattante abbiano utilizzato come supporto, durante l'urto, un eventuale spazio disponibile sul cordolo in calcestruzzo dietro la barriera, ovvero dietro le piastre di ancoraggio.

FUNZIONAMENTO del DISPOSITIVO in SEDE di CRASH TEST:

in nessun caso dovrà risultare dai filmati e dai report il distacco completo di un paletto dalla piastra di ancoraggio o della piastra di ancoraggio di un paletto dal cordolo, con sfilamento/tranciamento completo di tutti i tirafondi.

RETE DI PROTEZIONE: il Certificato di Prestazione CE

rilasciato ai sensi della norma UNI EN 1317-5, anche come prodotto modificato, dovrà esplicitamente prevedere la possibilità di installazione a tergo della barriera di rete protezione le cui caratteristiche geometriche e meccaniche dovranno essere riportate negli elaborati tecnici prodotti in sede di richiesta di certificazione di conformità.

PIASTRE MODIFICATE: qualora l'adattamento della barriera alle strutture di supporto richieda l'adozione di piastre modificate rispetto alla configurazione della barriera di sicurezza in sede di test crash, tali modifiche dovranno essere oggetto di specifico Certificato di Prestazione CE come prodotto modificato ai sensi della norma UNI EN 1317-5.

(*) se tale grandezza non è riportata nei certificati di crash test del dispositivo si è fatto o si farà riferimento alla Vehicle Intrusion secondo EN1317-2:2010.

9. BARRIERA INTEGRATA PER SICUREZZA E ANTIRUMORE DA

BORDO PONTE CLASSE H4 (rif. progetto INTEGAUTOS-SRT)

BARRIERA INTEGRATA PER SICUREZZA E ANTIRUMORE DA BORDO PONTE, sottoposta a crash su una fila, in classe H4, secondo la norma UNI-EN 1317

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE:

l'intero dispositivo deve avere l'intero dispositivo deve avere un ingombro trasversale massimo non superiore a 50 cm

qualora il dispositivo contenga barre, trefoli, queste dovranno essere protette o profilati in acciaio zincati, già verificati in sede di prova;

CERTIFICAZIONE CE per sistema integrato da poter utilizzare in varie configurazioni tutte compatibili e conformi al comportamento del dispositivo originario con riferimento a:

Possibilità di installare dispositivi di altezza compresa tra 2.00 m e 5.00m.

Possibilità di sostituire il pannello antirumore standard con pannelli in PMMA.

Possibilità di sostituire il pannello antirumore standard con dispositivo frangivento

LARGHEZZA OPERATIVA NORMALIZZATA:

Test TB11: Larghezza Operativa Normalizzata \leq 0,5 m

Test TB81: Larghezza Operativa Normalizzata \leq 1,9 m configurazione H=5.00 - 4.50 m

Larghezza Operativa Normalizzata \leq 1,5 m configurazione H=4.00 - 3.50 m

Larghezza Operativa Normalizzata \leq 1,4 m configurazione H=3.00 - 2.50 m

Larghezza Operativa Normalizzata \leq 0,9 m configurazione H=2.00 m

ASI \leq 1,4

10. BARRIERA SPARTITRAFFICO MONOFILARE METALLICA A LAMA E PALETTI IN CLASSE H4 SU TERRA (rif. progetto 3N.TU-SPT.63)

BARRIERA BORDO SPARTITRAFFICO MONOFILARE METALLICA

SIMMETRICA A LAMA E PALETTI, sottoposta a crash in classe H4 secondo la norma UNI-EN 1317

- CARATTERISTICHE GEOMETRICHE : l'intero dispositivo deve avere un ingombro trasversale non superiore a 80 cm
- LARGHEZZA OPERATIVA NORMALIZZATA:
 - o Test TB11: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 1,0$ m
 - o Test TB81: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 1,5$ m
- ASI $\leq 1,2$

11. BARRIERA SPARTITRAFFICO MONOFILARE METALLICA A LAMA E PALETTI IN CLASSE H4 SU CORDOLO (rif. progetto 3N.TU-SPT.64)

- BARRIERA BORDO SPARTITRAFFICO MONOFILARE METALLICA SIMMETRICA A LAMA E PALETTI, sottoposta a crash in classe H4 secondo la norma UNI-EN 1317
- CARATTERISTICHE GEOMETRICHE: l'intero dispositivo deve avere un ingombro trasversale non superiore a 80 cm
- LARGHEZZA OPERATIVA NORMALIZZATA:
 - o Test TB11: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 0,8$ m
 - o Test TB81: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 1,1$ m
- ASI $\leq 1,2$
- PIASTRE MODIFICATE: qualora l'adattamento della barriera alle strutture di supporto richieda l'adozione di piastre modificate rispetto alla configurazione della barriera di sicurezza in sede di test crash, tali modifiche dovranno essere oggetto di specifico Certificato di Prestazione CE come prodotto modificato ai sensi della norma UNI EN 1317-5

12. BARRIERA SPARTITRAFFICO MONOFILARE IN CALCESTRUZZO TIPO NEW JERSEY IN CLASSE H4 (rif. progetto ABESCA ET100)

- BARRIERA BORDO SPARTITRAFFICO BIFILARE MONOFILARE IN CALCESTRUZZO TIPO NEW JERSEY, sottoposta a crash in classe H4 secondo la norma UNI-EN 1317
- CARATTERISTICHE GEOMETRICHE: l'intero dispositivo deve avere altezza non inferiore a 100 cm
- Peso non inferiore a 625 kg/ml
- LARGHEZZA OPERATIVA NORMALIZZATA:

- o Test TB11: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 1,0$ m
- o Test TB81: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 2,5$ m
- ASI $\leq 1,4$

13. BARRIERA SPARTITRAFFICO MONOFILARE IN CALCESTRUZZO TIPO NEW JERSEY IN CLASSE H2 (rif. progetto ABESCA ET100)

BARRIERA BORDO SPARTITRAFFICO BIFILARE MONOFILARE IN CALCESTRUZZO TIPO NEW JERSEY, sottoposta a crash in classe H4 secondo la norma UNI-EN 1317

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE: l'intero dispositivo deve avere altezza non inferiore a 100 cm

Peso non inferiore a 625 kg/ml

LARGHEZZA OPERATIVA NORMALIZZATA:

- o Test TB11: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 1,0$ m
- o Test TB81: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 1,6$ m
- ASI $\leq 1,4$

14. BARRIERA BORDO PONTE IN CALCESTRUZZO TIPO NEW JERSEY IN CLASSE H4 (riferimento progetto ABESCANJBP)

BARRIERA BORDO PONTE MONOFILARE IN CALCESTRUZZO TIPO NEW JERSEY, sottoposta a crash in classe H4 secondo la norma UNI-EN 1317

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE: l'intero dispositivo deve avere un'altezza della sola parte in calcestruzzo non inferiore a 100 cm, altezza comprensiva del corrente metallico non inferiore a 160 cm e ingombro trasversale al piede non superiore a 50 cm

Peso non superiore a 900 kg/ml

LARGHEZZA OPERATIVA NORMALIZZATA:

- o Test TB11: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 0,7$ m
- o Test TB81: Larghezza Operativa Normalizzata $\leq 1,6$ m

DEFLESSIONE DINAMICA NORMALIZZATA :

- o Test TB11: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 0,1$ m
- o Test TB51: Deflessione Dinamica Normalizzata $\leq 1,0$ m

POSIZIONE DINAMICA LATERALE MASSIMA VEICOLO

- o Test TB51: Posizione laterale del veicolo (*) $\leq 1,1$ m

- ASI $\leq 1,4$
- RETE DI PROTEZIONE: il Certificato di Prestazione CE rilasciato ai sensi della norma UNI EN 1317-5, anche come prodotto modificato, dovrà esplicitamente prevedere la possibilità di installazione a tergo della barriera di rete protezione le cui caratteristiche geometriche e meccaniche dovranno essere riportate negli elaborati tecnici prodotti in sede di richiesta di certificazione di conformità.

(*) se tale grandezza non è riportata nei certificati di crash test del dispositivo si è fatto o si farà riferimento alla Vehicle Intrusion secondo EN1317-2:2010.

Resta comunque inteso che, la Stazione Appaltante possa non ritenere equivalenti, i dispositivi proposti, in riferimento ad altre caratteristiche oggettive, qui non elencate, che saranno esplicitate.

15. ATTENUATORI D'URTO

Sarà' facoltà dell'Appaltatore avvalersi di dispositivi equivalenti che quindi dovranno rispettare i seguenti requisiti:

- classe di contenimento: come da progetto di installazione o superiore;
- tipo: redirettivo o non redirettivo come da progetto di installazione;
- ingombro longitudinale complessivo (compreso anche spazio di funzionamento a tergo rispetto alla cuspide): non superiore a quanto indicato nel progetto di installazione.

Le dimensioni trasversali dell'attenuatore d'urto dovranno essere commisurate a quelle delle barriere in cuspide, individuando tra i diversi prodotti commerciali e tra le diverse tipologie di questi, che formano un sistema o famiglia (allargato, intermedio, parallelo), quelli a cui corrisponde una dimensione posteriore la più simile possibile

alla larghezza della cuspide.

La geometria ed il posizionamento della cuspide potranno essere variate, in relazione alla morfologia del sito e della geometria della rampa, per consentire l'installazione dell'attenuatore d'urto con una inclinazione massima compatibile con quella richiamata nel manuale di installazione e per contenere l'ingombro di questo all'interno della zona zebrata garantendo adeguati franchi laterali, nel rispetto di quanto precedentemente detto. Nel caso di impiego su viabilità/rampe bidirezionali, la larghezza massima dell'attenuatore d'urto dovrà comunque avere una larghezza non superiore a quella dell'elemento calandrato di collegamento tra le due barriere confluenti nella cuspide, tale per cui la sagoma posteriore di quest'ultimo non costituisca in alcun modo elemento di pericolo per i flussi transitanti in entrambi i sensi. Laddove previsto all'interno della documentazione tecnica del dispositivo, potrà essere valutato il collegamento dell'attenuatore con le lame delle barriere in cuspide non prevedendo quindi l'elemento calandrato. Se questa modalità è già prevista in progetto il collegamento dovrà essere obbligatoriamente replicato e quindi non saranno ritenuti equivalenti dispositivi che non consentano questa modalità di installazione.

16. DISPOSITIVI AMOVIBILI PER VARCHI

Sarà facoltà dell'Appaltatore avvalersi di dispositivi equivalenti che quindi dovranno rispettare i seguenti requisiti:

- classe di contenimento: come da progetto di installazione o superiore;
- che consenta l'apertura tramite lo smontaggio di singoli moduli di lunghezza non superiore a 5 metri
- ingombro longitudinale complessivo: compatibile con le dimensioni del varco indicate nel progetto di installazione.
- COLLEGAMENTO ALLE BARRIERE DI SICUREZZA: in linea generale

il dispositivo dovrà essere stato testato in connessione con barriere di caratteristiche analoghe a quella di progetto per geometria ed altezza dell'elemento longitudinale. Saranno ammesse ad insindacabile giudizio della Committente soluzioni diverse solo a valle di presentazione di opportuna documentazione tecnica.

17. TERMINALI SPECIALI

Sarà' facoltà dell'Appaltatore avvalersi di dispositivi equivalenti che quindi dovranno rispettare i seguenti requisiti:

- classe : come da progetto di installazione o superiore;
- testato secondo prEN1317-7
- ingombro longitudinale complessivo: non superiore a quanto indicato nel progetto di installazione.
- COLLEGAMENTO ALLE BARRIERE DI SICUREZZA: in linea generale il dispositivo dovrà essere stato testato in connessione con barriere di caratteristiche analoghe a quella di progetto per geometria ed altezza dell'elemento longitudinale. Saranno ammesse ad insindacabile giudizio della Committente soluzioni diverse solo a valle di presentazione di opportuna documentazione tecnica.

Art. 4. CONFORMITÀ DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA

Art. 4.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Dispositivi di sicurezza stradali:

- DM Lavori Pubblici n. 223 del 18 febbraio 1992
"Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere di sicurezza"
- DM Infrastrutture e Trasporti n.2367 del 21/06/2004
"Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione l'omologazione e l'impiego dei dispositivi di sicurezza stradali"
- DM Infrastrutture e Trasporti del 28/06/2011

"Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale"

- UNI EN 1317-1 "Sistemi di ritenuta stradali - Parte 1: Terminologia e criteri generali per i metodi di prova"
- UNI EN 1317-2 "Sistemi di ritenuta stradali - Parte 2: Classi di prestazione, criteri di accettazione delle prove d'urto e metodi di prova per le barriere di sicurezza inclusi i parapetti veicolari.
- UNI EN 1317-3 "Sistemi di ritenuta stradali - Parte 3: Classi di prestazione, criteri di accettabilità basati sulla prova di impatto e metodi di prova per attenuatori d'urto"
- UNI ENV 1317-4 "Barriere di sicurezza stradali - Classi di prestazione, criteri di accettazione per la prova d'urto e metodi di prova per terminali e transizioni delle barriere di sicurezza"
- UNI EN 1317-5 "Barriere di sicurezza stradali - Parte 5: Requisiti di prodotto e valutazione di conformità per sistemi di trattenimento veicoli"

Acciaio:

- UNI EN 10025-1:2005 "Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura"
- UNI EN 10025-2:2005 "Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali"
- UNI EN 10051:2011 "Nastri laminati a caldo in continuo e lamiera/fogli tagliati da nastri larghi di acciai non legati e legati - Tolleranze sulle dimensioni e sulla forma"
- UNI EN 10058:2004 "Barre di acciaio piane laminate a caldo per impieghi generali - Dimensioni e tolleranze sulla forma e sulle dimensioni "
- UNI EN 10162:2006 "Profilati di acciaio laminati a

freddo - Condizioni tecniche di fornitura - Tolleranze dimensionali e sulla sezione trasversale "

- UNI EN 10204:2005 "Prodotti metallici - Tipi di documenti di controllo"
- UNI EN ISO 6892-1:2009 "Materiali metallici - Prova di trazione - Parte 1: Metodo di prova a temperatura ambiente" (SOSTITUISCE LA UNI EN 10002-1:2004)
- UNI EN ISO 6507-1:2006 "Materiali metallici- Prova di durezza Vickers- Parte 1: Metodo di prova"
- UNI EN ISO 6507-4:2006 "Materiali metallici - Prova di durezza Vickers - Parte 4: Prospetto dei valori di durezza"
- UNI EN 10168:2005 "Prodotti di acciaio - Documenti di controllo - Lista e descrizione delle informazioni"
- UNI EN 10223-4:2000 "Fili e prodotti trafilati di acciaio per recinzioni - Recinzioni in rete elettrosaldata"
- UNI EN 22768-1:1996 "Tolleranze generali. Tolleranze per dimensioni lineari ed angolari prive di indicazione di tolleranze specifiche"
- UNI EN 10219-1:2006 "Profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali di acciai non legati e a grano fine - Parte 1: Condizioni tecniche di fornitura "
- UNI EN 10219-2:2006 "Profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali di acciai non legati e a grano fine - Parte 2: Tolleranze, dimensioni e caratteristiche del profilo"
- UNI EN 10218-2:1997 "Filo di acciaio e relativi prodotti - Generalità. Dimensioni e tolleranze dei fili".

Zincatura:

- UNI EN ISO 1461:2009 "Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova"
- UNI EN 10244-1:2009 "Fili e prodotti trafilati di acciaio - Rivestimenti metallici non ferrosi sui fili di acciaio - Parte 1: Principi generali "

- UNI EN 10244-2:2009 "Fili e prodotti trafilati di acciaio - Rivestimenti metallici non ferrosi sui fili di acciaio - Parte 2: Rivestimenti di zinco o di leghe di zinco"
- UNI EN 1179:2005 "Zinco e leghe di zinco - Zinco primario"

Bulloneria:

- UNI 3740-1:1999 "Elementi di collegamento filettati di acciaio - Prescrizioni tecniche - Generalità"
- UNI 3740-9:1982 "Bulloneria di acciaio. Prescrizioni tecniche. Confezionamento e tolleranze di fornitura".
- UNI 3740-12:2004 "Elementi di collegamento di acciaio - Parte 12: Prescrizioni tecniche per rivestimenti di zinco per immersione a caldo"
- UNI EN ISO 898-1:2009 "Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio - Parte 1: Viti e viti prigioniere con classi di resistenza specificate - Filettature a passo grosso e a passo fine"

Saldature:

- UNI EN ISO 3834-1:2006 "Requisiti di qualità per la saldatura per fusione dei materiali metallici - Parte 1: Criteri per la scelta del livello appropriato dei requisiti di qualità"
- UNI EN ISO 17635:2010 "Controllo non distruttivo delle saldature - Regole generali per i materiali metallici" (SOSTITUISCE LA UNI EN 12062:2004)
- UNI EN ISO 5817:2008 "Saldatura - Giunti saldati per fusione di acciaio, nichel, titanio e loro leghe (esclusa la saldatura a fascio di energia) - Livelli di qualità delle imperfezioni"1
- UNI EN ISO 3452 " Prove non distruttive - Esame con liquidi penetranti"
- UNI EN ISO 23277:2010 "Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo delle saldature mediante liquidi

penetranti - Livelli di accettabilità" (SOSTITUISCE LA UNI EN 1289:2006)

- UNI EN 1290:2006 Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo magnetoscopico con particelle magnetiche delle saldature
- UNI EN ISO 23278:2010 "Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo con particelle magnetiche delle saldature - Livelli di accettabilità" (SOSTITUISCE LA UNI EN 1291:2006)
- UNI EN ISO 17640:2011 Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo mediante ultrasuoni - Tecniche di controllo, livelli di prova e valutazione (SOSTITUISCE LA UNI EN 1714:2005)
- UNI EN ISO 11666:2011 Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo mediante ultrasuoni - Livelli di accettabilità

Calcestruzzo:

- UNI EN 12390-3 "Prova sul calcestruzzo indurito - Resistenza alla compressione dei provini"
- UNI EN 12504-1 "Prove su calcestruzzo nelle strutture - Carote -Prelievo, esame e prova di compressione"
- UNI EN 13791 "Valutazione della resistenza a compressione in sito nelle strutture e nei componenti prefabbricati di calcestruzzo"
- UNI EN 206-1 "Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità"
- DM Infrastrutture 14.01.2008 "Norme tecniche per le costruzioni"
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive.

Art. 4.2. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI DISPOSITIVI E DEI MATERIALI

I dispositivi di ritenuta ed i materiali impiegati nella costruzione (acciai, calcestruzzo, acciai da armatura, etc) dovranno essere conformi ai disegni tecnici dei prodotti tipo sottoposti alle prove di crash test (ITT).

Eventuali modifiche saranno accettate solo in presenza di uno specifico certificato di prestazione CE rilasciato ai sensi della norma EN 1317-5.

Transizioni, cuspidi e terminali semplici dovranno essere conformi ai disegni costruttivi allegati al progetto o in alternativa elaborati a cura dell'Appaltatore e successivamente approvati dal Committente. A prescindere dalla documentazione che l'Appaltatore dovrà mettere a disposizione secondo i tempi e le modalità di seguito descritte, la Direzione Lavori, ed eventualmente anche la Committente, avrà la facoltà di procedere ad attività di ispezione e controllo nel corso della consegna e dello stoccaggio del materiale fornito ed in qualsiasi fase del processo produttivo e di approntamento dello stesso, al fine di verificare la rispondenza dei componenti alle specifiche tecniche di prodotto, come previsto dal D.M. n°2367 21.06.2004.

In particolare, la Direzione Lavori, ed eventualmente anche la Committente, provvederà a verificare o a far verificare, con la frequenza che riterrà più opportuna:

- A. la rispondenza delle caratteristiche dimensionali di ciascun componente e dell'intero prodotto;
- B. lo spessore e le caratteristiche della zincatura (se presente);
- C. le caratteristiche fisiche del calcestruzzo (se presente);
- D. le caratteristiche fisico-chimiche dell'acciaio (se presente);
- E. le saldature (se presenti);
- F. la rispondenza delle caratteristiche dimensionali e qualitative della installazione a quanto previsto in progetto.

Art. 4.2.1. BARRIERE DI SICUREZZA IN ACCIAIO

L'Appaltatore si obbliga a rendere identificabile l'origine dei componenti delle barriere (comprese le transizioni ed i componenti speciali) provvedendo a:

1. Far Punzonare meccanicamente, con il riporto del "n. di COIL" da cui proviene il materiale che li costituisce, tutti i componenti elementari principali di ciascuna barriera (intendendosi per tali i Componenti Elementari di cui al successivo punto); si dovrà porre cura affinché i numeri o le lettere oggetto di punzonatura possano essere letti anche dopo il processo di zincatura;

2. Assicurare la rintracciabilità dei materiali forniti e depositati nei magazzini attraverso i seguenti provvedimenti:

i. Assegnazione a ciascun "Componente Elementare" (pali, nastri a tripla onda, distanziatori, tiranti posteriori, tiranti diagonali, tubi corrimano, mancorrenti a C, etc. - per l'individuazione degli stessi si rimanda ai particolari costruttivi della barriera allegati al contratto), di ciascun tipo di barriera previsto nell'appalto, di un singolo e specifico "Codice identificativo";

ii. Redazione di una "Tabella di Correlazione", da allegare a ciascun Documento di Trasporto, in cui i singoli "Componenti Elementari" consegnati (elencati nel Documento di Trasporto), identificati con il relativo "Codice identificativo", siano correlati a:

- o Tipo e Modello di Barriera o di Transizione
- o Tipo di Componente Elementare della Barriera o della Transizione

(ad es.: palo, tubo, nastro, distanziatore, tirante, diagonale, etc.),

- o Numero di COIL,
- o Numero di colata,
- o Tipo di acciaio,
- o Spessore e larghezza del coil,
- o N. di pezzi consegnati (con riferimento a quanto

indicato nel "Documento di Trasporto");

iii. Fornire, per ciascun COIL (identificato con: il suo numero identificativo, il numero di colata, la larghezza del nastro, lo spessore del nastro ed il tipo di acciaio) il Certificato di Collaudo "3.1" ai sensi della norma EN 10204 (il certificato di collaudo dovrà contenere i dati e le informazioni sugli acciai previste dalla norma EN 10168);

Copia di ciascun "Documento di trasporto", con l'allegata "Tabella di Correlazione" ed il Certificato di Collaudo "3.1", dovrà essere trasmessa alla Direzione Lavori ed alla Committente all'atto della consegna del materiale nel il sito di stoccaggio dell'Appaltatore presso il cantiere.

3. Stoccaggio del materiale secondo le seguenti modalità:

i. Separazione dei singoli "colli" consegnati: ogni collo fornito e consegnato dovrà riguardare un'unica tipologia di "Componente Elementare", riferita ad un solo tipo di barriera; inoltre colli specifici e separati dovranno essere preparati e forniti per la bulloneria, le parti miste e altri componenti speciali;

ii. Identificazione dei singoli "colli" consegnati: ciascun "collo di imballaggio" dovrà essere identificato mediante il suo "Codice identificativo" precedentemente descritto;

iii. Predisposizione di Specifici "colli di imballaggio" per la fornitura delle Transizioni e Componenti speciali: tali dispositivi dovranno essere confezionati completi di ogni componente e sempre identificabili mediante il loro "Codice identificativo".

4. Fornire alla Direzione Lavori per i materiali forniti e consegnati le seguenti attestazioni del fabbricante dei dispositivi di ritenuta:

a. Zincatura: attestazione di conformità alle norme di riferimento per le zincatura di tutti i Componenti Elementari

oggetto di fornitura;

b. Saldature: attestazione che le saldature sono state eseguite da operatori qualificati ed attestazione di conformità delle saldature operate su i Componenti Elementari oggetto di fornitura con evidenziazione di controlli operati da operatori qualificati (quantomeno di tipo visivo e dimensionale su tutti i pezzi saldati).

NOTA BENE : è possibile che il "SISTEMA DI QUALITÀ" dell'unità produttiva sia basato sul "LOTTO" e non sul "COIL", intendendosi come LOTTO un insieme di più COIL aventi :

- identiche caratteristiche chimiche (in quanto provenienti dalla stessa colata),
- identiche caratteristiche fisiche (spessore, larghezza, resistenze meccaniche).
- Unico certificato di collaudo "3.1" ai sensi della norma EN 10204

In tale caso il sistema sopra delineato verrà applicato con le seguenti modifiche :

Punto 1) : punzonare meccanicamente, con il riporto del "n. di LOTTO" da cui proviene il materiale che li costituisce, tutti i componenti elementari principali di ciascuna barriera.....

Punto 2) Redazione di una "Tabella di Correlazione", da allegare a ciascun Documento di Trasporto, in cui i singoli "Componenti Elementari" consegnati (elencati nel Documento di Trasporto), identificati con il relativo "Codice identificativo", siano correlati a:

- o Tipo e Modello di barriera,
- o Tipo di Componente Elementare della barriera (ad es.: palo, tubo, nastro, distanziatore, tirante, diagonale, etc.),
- o Numero di LOTTO,
- o Numero di COIL,
- o Numero di colata,
- o Tipo di acciaio,

- o Spessore e larghezza del coil,
- o N. di pezzi consegnati (con riferimento a quanto indicato nel "Documento di Trasporto");

Art. 4.2.2. BARRIERE DI SICUREZZA IN CALCESTRUZZO

Ciascun elemento NJ dovrà essere identificato da un codice che permetta l'individuazione della data di produzione, e che consenta la rintracciabilità dei documenti e delle certificazioni relative alla qualità del calcestruzzo utilizzato.

Per il calcestruzzo dovranno essere forniti alla Direzione Lavori i risultati dei controlli eseguiti in stabilimento dal produttore della classe di resistenza previsti dalle normative (vedi paragrafo 4.1) e per l'acciaio dovranno essere forniti i controlli eseguiti in stabilimento dal produttore relativi alle caratteristiche chimiche e meccaniche sugli elementi.

Art. 4.2.3. Verniciatura e zincatura barriere integrate di sicurezza-rumore

Per quanto concerne le colorazioni degli elementi delle barriere integrate di sicurezza-rumore si richiama la tabella seguente:

Barriera Integrata INTEGAUTOS-SRT verniciatura e zincatura elementi

Descrizione	Verniciatura		
SI	NO	Zincatura a caldo	UNI EN 1461
SI	NO		
Terminale standard tripla onda		X	X
Montante HE A, Piastra di base e fazzoletti di rinforzo		X	
		X	
Distanziatore a risalita per barriere stradali		X	X
Piastrina copriasola		X	X

Tubo corrimano 160 x 80 x 4 L = 4480 mm		X	X
Elemento terminale per tubo corrimano		X	X
Corrente Inf. della parte ispezionabile e superiore della parte fissa	X	X	
Corrente di chiusura in testa	X	X	
Cappellotto da sovrapporre alle estremità superiori di ciascun modulo adiacente	X	X	
Carter di protezione motociclistica prezincato		X	
Paletto "C" 160 x 120 x 40 x 5,5		X	X
Nastro a tripla onda	X	X	
Carter di protezione motociclistica - posizionamento in destra	X		
Barra filettata M 24 x 330 con doppio dado e rondella	X	X	
Bullone T.T.D.E. M 16 x 130 classe 8.8		X	X
Bullone T.E. M 16 x 45 classe 8.8 + dado + 2 rondelle	X	X	
Bullone T.E. M 18 x 220 classe 8.8 + dado + 2 rondelle	X	X	
Bullone T.E. M 20 x 80 classe 8.8 + dado + 2 rondelle	X	X	
Bullone T.E. M 24 x 80 classe 8.8 + dado + 2 rondelle	X	X	
Bullone T.E. M 16 x 30 - M16 x 50 classe 8.8 + dado + rondella	X	X	
Pannello Fono assorbente di base sx /dx			
(*) verniciatura solo lato esterno lamiera		X	(*)
Pannello Fonoassorbente di elevazione sx/dx			
(*) verniciatura solo lato esterno lamiera		X	(*)
Cavo ed elementi di tenuta pannelli		X	X

Per i restanti aspetti si rimanda al paragrafo relativo alle barriere acustiche del capitolato speciale d'appalto parte

II.

Art. 4.3. VERIFICHE E ACCETTAZIONE DELLA FORNITURA

Prima dell'avvio della produzione, l'Appaltatore dovrà inviare al Committente ed al Direttore Lavori la Dichiarazione di Prestazione ai sensi del Regolamento UE n.305/2011 (DOP) per i dispositivi soggetti a marcatura CE e la Dichiarazione di Conformità di Produzione (per gli altri dispositivi).

Nelle fasi di produzione ed installazione le verifiche, che si concludono con l'accettazione finale della fornitura, consistono in:

- verifiche alla consegna presso il/i magazzino/i dell'Appaltatore, collocati in prossimità dei siti di installazione;
- verifiche in fase di installazione;
- accettazione finale dell'intera fornitura.

Art. 4.3.1. VERIFICHE ALLA CONSEGNA PRESSO IL SITO DI INSTALLAZIONE

All'atto della consegna nell'area di stoccaggio presso il sito di installazione, la merce dovrà essere accompagnata da:

- 1) "DDT" di consegna;
- 2) "Tabella di Correlazione" (vedi punto 4.2.1) che consenta la rintracciabilità dei coils utilizzati per la realizzazione di tutti i "Componenti Elementari" consegnati;
- 3) Certificato di collaudo di tipo "3.1", ai sensi della norma EN 10204.

Per le barriere in calcestruzzo i certificati di verifica della classe di resistenza dei calcestruzzi e gli esiti delle prove chimico-fisiche e meccaniche sulle componenti in acciaio.

Sarà cura della Direzione Lavori verificare, a campione, la rispondenza del n. COIL (n. di LOTTO), punzonato meccanicamente sui singoli Componenti Elementari, con quello dichiarato dalla Appaltatore nella "Tabella di Correlazione" allegata ai DDT.

Art. 4.3.2. VERIFICHE IN FASE DI INSTALLAZIONE

Le successive verifiche sulla fornitura dovranno essere eseguite su richiesta e sotto la supervisione della Direzione Lavori.

Dal materiale giunto in cantiere dovranno essere prelevati dal Direttore dei Lavori i campioni che l'Appaltatore provvederà, a sue spese, a far recapitare ad uno o più laboratori incaricati dalla Committente, previa compilazione di apposito Verbale di Prelievo, sottoscritto da DL e Appaltatore, dove dovranno essere indicati i dati relativi ai campioni prelevati (es. punzonatura e codice identificativo per le barriere in acciaio), oltre al luogo e data del prelievo.

I campioni dovranno essere efficacemente siglati da DL e Appaltatore all'atto del prelievo, al fine di comprovare che il campione prelevato sia quello effettivamente recapitato presso il laboratorio. I costi delle prove restano a carico della Committente.

Le verifiche riguardano:

1) Prove relative agli acciai ed ai calcestruzzi

La Direzione Lavori disporrà l'effettuazione di campionature in sito per controllo delle caratteristiche dell'acciaio dei dispositivi di ritenuta consegnati presso il sito di installazione e l'effettuazione di campionature, tramite carotaggi, sugli elementi prefabbricati in calcestruzzo (New Jersey) al fine di verificarne la classe di resistenza.

Per quanto riguarda le barriere in acciaio, le campionature, estese ai diversi componenti delle medesime, comporteranno l'estrazione di almeno n. 3 provette per ogni componente (n.1 da sottoporre a test e n.2 da tenere di riserva per ulteriori controlli) ed avverranno con almeno le seguenti frequenze:

A) Barriere da Bordo Laterale e Spartitraffico: ogni 500 m di fornitura di ciascuna tipologia (con almeno una verifica per ciascuna tipologia impiegata) fino a 2000 m, ogni 1000 m per le quantità eccedenti i 2000 m;

- B) Barriere da Bordo Ponte: ogni 250 m di fornitura di ciascuna tipologia (con almeno una verifica per ciascuna tipologia impiegata) fino a 1000 m, ogni 500 m per le quantità eccedenti i 1000 m;
- C) Transizioni: in numero pari al 10% di fornitura con almeno 1 prova (limitatamente ai componenti non standard).

La qualità dell'acciaio e del cls sarà verificata con le prove previste dalle Norme di cui al paragrafo 4.1.

- 2) Prove relative alla bulloneria ed alle unioni saldate
Le caratteristiche della bulloneria verranno verificate, attraverso campionature eseguite a cura della Direzione Lavori, al fine di controllare la rispondenza alla "classe" prevista in progetto; i controlli verranno effettuati in riferimento alle Norme di cui al paragrafo 4.1 e secondo le cadenze indicate al punto 1).

I collegamenti tra elementi metallici da effettuarsi mediante saldatura dovranno essere eseguite in conformità alle Norme previste dal Decreto M.LL.PP. del 14/01/2008. In particolare l'Impresa, qualora non espressamente descritto nei disegni di progetto, dovrà rispettare le Norme sopra richiamate, tenendo presente di volta in volta, le caratteristiche generali e particolari delle saldature stesse, ivi compresi, qualità e spessori dei materiali, procedimenti, tipi di giunto e classi di saldatura.

Le caratteristiche delle unioni saldate saranno controllate in conformità alle Norme previste dal Decreto M.LL.PP. del 14/01/2008 da operatori qualificati secondo la norma UNI 473:2001 almeno di secondo livello: per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione.

I controlli verranno effettuati attraverso campionature effettuate con le stesse frequenze di cui al punto 1).

La Direzione Lavori potrà richiedere un controllo visivo più esteso, in magazzino o su strada, da parte degli incaricati di un laboratorio specializzato, mirato ad individuare eventuali presenze d'anomalie sui cordoni, come porosità, inclusioni o cricche.

In entrambi i casi (bullonerie ed unioni saldate) in presenza di anomalie il materiale dovrà essere sostituito con altro rispondente alle specifiche di progetto a cura e spese dell'Appaltatore. I materiali rifiutati dovranno essere immediatamente allontanati dal cantiere a cura e spese dell'Appaltatore.

3) Prove relative alle caratteristiche dei rivestimenti anticorrosivi

Il rivestimento delle superfici dei profilati a freddo, della bulloneria e dei tirafondi sarà ottenuto con zincatura a bagno caldo il quale dovrà presentarsi uniforme, perfettamente aderente, senza macchie, secondo le norme UNI EN ISO 1461/99 .

Le quantità minime di rivestimento di zinco per spessore ed unità di superficie sono riportate e andranno verificate secondo quanto esposto nell'appendice D della suddetta Norma.

I controlli verranno effettuati attraverso campionature effettuate con le stesse frequenze di cui al punto 1).

Nel caso in cui, in sede di accettazione, uno o più componenti della barriera, a seguito delle verifiche eseguite, non risultino conformi alla norma UNI EN ISO 1461/99, la fornitura di detti elementi sarà rifiutata. Per irregolarità relative alla qualità e spessori della zincatura, l'Appaltatore sarà tenuto a sostituire, a sue spese, i materiali in difetto con altri che corrispondano alle caratteristiche richieste. I materiali rifiutati dovranno essere immediatamente allontanati dal cantiere a

cura e spese dell'Appaltatore.

4) Controlli Dimensionali

Per quanto riguarda le verifiche dimensionali dei diversi componenti elementari delle barriere, la Direzione Lavori effettuerà verifiche, con le stesse frequenze di cui al punto 1).

La conformità della produzione alle specifiche progettuali sarà valutata in ragione delle dimensioni nominali degli elementi costitutivi dei singoli dispositivi oggetto di fornitura e delle tolleranze ammesse dalle norme tecniche di riferimento per ciascuna categoria merceologica oggetto di fornitura e del processo produttivo.

In presenza di anomalie il materiale dovrà essere sostituito con altro rispondente alle specifiche di progetto a cura e spese dell'Appaltatore. I materiali rifiutati dovranno essere immediatamente allontanati dal cantiere a cura e spese dell'Appaltatore.

5) Controlli sul dispositivo istallato

La Direzione Lavori dovrà verificare su strada, con la cadenza che riterrà opportuna, le geometrie del dispositivo istallato ed il corretto serraggio dei bulloni, sulla base delle indicazioni del Manuale di Istallazione e delle relative tolleranze ammesse.

L'esito dei controlli dovrà formalizzarsi tramite compilazione di apposito "Verbale di Verifica sul Dispositivo Istallato", sottoscritto dal DL e dall'Appaltatore, dove dovranno essere riportati, oltre agli esiti, i dati relativi all'intervento con indicazione di carreggiata numero e progressiva, descrizione dei controlli effettuati, la data di esecuzione.

6) Controlli sui Tirafondi (Barriere da Bordo Ponte)

Premesso che, per i sistemi di ancoraggio composti da barre e ancoranti chimici con meccanismo di funzionamento

indipendente dalla forza di precarico nel tassello metallico, la coppia di serraggio serve unicamente ad evitare l'allentamento/sfilamento del bullone, le verifiche in argomento ("prove di tiro") dovranno essere condotte, tramite martinetto idraulico, al fine di consentire l'individuazione di eventuali anomalie di installazione, senza apportare danneggiamenti agli ancoraggi (tiro da applicare inferiore al limite di funzionamento del sistema). Si riporta nel seguito l'entità delle prove di "tiro" da effettuare sugli ancoraggi al piede delle barriere di sicurezza da bordo ponte; l'esito verrà considerato positivo qualora i carichi sotto indicati vengano applicati in assenza di cedimenti del sistema di ancoraggio:

- Barriere Metalliche ASPI BROH4BP8 in acciaio (sistema di ancoraggio composto da barre e ancoranti chimici M24) : carico da applicare = 80 KN
- Barriere Metalliche ASPI BROH2BP4 in acciaio (sistema di ancoraggio composto da barre e ancoranti chimici M20) : carico da applicare = 65 KN

Nel caso di utilizzo di barriere metalliche di altro produttore e di "barriere equivalenti" le indicazioni sul livello di carico da applicare dovranno essere ricavate sulla base dell'esame dei crash test report, dei manuali di installazione e dei disegni costruttivi della barriera.

Tali controlli verranno eseguiti a cura della Direzione Lavori con la cadenza di 1 tassello ogni 10 montanti (con un minimo di 1 tassello per ciascun tratto continuo).

In caso di esito negativo la Direzione Lavori disporrà la sostituzione, a cura e spese della Appaltatore, del/dei tassello/i interessato/i e disporrà un infittimento delle prove nell'intorno del/dei i tassello/i interessato/i; a seguito dei risultati di tale approfondimento disporrà le azioni ritenute necessarie nei confronti dell'Appaltatore,

sentito il parere tecnico del Progettista e della Committente.

Gli esiti dei controlli sopra descritti (paragrafo 4.3.3 - punti 1,2,3,4,5) dovranno risultare da specifici "Rapporti di Prova" acquisiti dalla Direzione Lavori.

7) Apposizione etichetta di riconoscimento.

Le barriere e gli altri dispositivi di ritenuta installati su strada dovranno essere identificati attraverso etichetta indelebile e non rimovibile da apporre sulla barriera (almeno uno ogni 100 metri di installazione) o sul dispositivo. Nel caso di dispositivi marcati CE la targhetta dovrà risultare conforme allo schema allegato al Certificato di Conformità CE e riportante le indicazioni di cui all'appendice ZA.3 della norma EN 1317-5.

Art. 4.3.3. ACCETTAZIONE DELL' INTERA FORNITURA

A seguito dell'ultimazione dell'intera fornitura prevista, si procederà all'accettazione finale della stessa.

Tale attività potrà essere completata a seguito della disponibilità e della positiva verifica da parte della Direzione Lavori della seguente documentazione:

- Documentazione prevista al paragrafo 4.2, integrata dalla documentazione prevista ai punti 1-6 del paragrafo 4.3.2 e Dichiarazione della Direzione Lavori relativa alla "verifica della punzonatura" (riporto del numero di coil) effettuata su i Componenti Elementari delle barriere secondo quanto prescritto al punto 4.3.2;
- Rapporti di prova, riferiti agli esiti dei controlli eseguiti dalla Direzione Lavori, di cui al paragrafo 4.3.3 (punti 1,2,3,4,5),
- Dichiarazione della Direzione Lavori relativa alla verifica della apposizione dell'etichetta di riconoscimento (vedi paragrafo 4.3.3 - punto 6),

- Disegni costruttivi dei Dispositivi Complementari, specificatamente approvati dalla Committente (vedi paragrafo 2.3), nel caso in cui in progetto siano stati inseriti solo i disegni tipologici,
- Nel caso di impiego di Dispositivi Equivalenti, documentazione prevista al paragrafo 3.1, inclusi i disegni costruttivi delle transizioni e dei terminali, approvati dalla Committente, così come ivi previsto;
- Nel caso di Dispositivi previsti in progetto sviluppati da "Altri Produttori" soggetti a marcatura CE, certificati di prestazione CE ai sensi della norma UNI EN 1317-5, insieme a tutta la documentazione di cui al paragrafo 2.2.1;
- Nel caso di Dispositivi previsti in progetto sviluppati da "Altri Produttori" non marcabili CE, certificato di omologazione ai sensi del DM 2367/2004 (ove disponibile), insieme a tutta la documentazione di cui al paragrafo 2.2.2;
- Dichiarazioni di corretta posa in opera ai sensi del DM 2367/2004,
- Certificazioni del produttore dei Dispositivi di Ritenuta, attestante il corretto montaggio e la corretta installazione, ai sensi dell' Art.79, comma 17 del DPR n.207/2010.

Si ricorda che, ai fini della produzione ed accettazione, "Tutti i produttori dei dispositivi omologati/dotati di marcatura CE" devono essere specializzati e certificati in qualità aziendale secondo le norme della serie EN ISO 9001:2008" (Art. 8 D.M. 3 giugno 1998 n. 3256 - Art. 5 D.M. 11 giugno 1999).

Tutti i dispositivi dovranno essere corredati da una Dichiarazione di Prestazione (DOP), rilasciata dal Produttore del bene responsabile del Processo di Fabbrica (FPC) ai sensi alla norma EN 1317-5.

Dovranno infine essere rilasciate tutte le dichiarazioni previste a carico del Produttore ai sensi delle Leggi in

materia di Lavori pubblici e della normativa tecnica vigente all'atto dell'immissione sul mercato dei prodotti oggetto di fornitura.

Art. 5. INSTALLAZIONE DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA

L'installazione dovrà essere eseguita secondo quanto previsto dagli elaborati tecnici del progetto di installazione ed in conformità ai "Manuali di Utilizzo ed Installazione" dei singoli dispositivi.

In aggiunta a quanto riportato nei predetti documenti vanno tenute presenti le seguenti indicazioni:

Nel rispetto e nelle modalità previste all'art. 173 del Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada, sul bordo superiore dei nastri delle barriere metalliche e sul profilo esterno delle barriere in CLS saranno applicati elementi rifrangenti con funzione di delineazione del margine stradale, i quali dovranno essere preventivamente omologati secondo le norme vigenti ed accettati dalla Direzione Lavori.

I sostegni delle barriere su terra saranno infissi con idonea attrezzatura vibrante o a percussione fino alla profondità necessaria per il rispetto della quota stabilita, avendo cura di non deformare la testa del sostegno ed ottenere l'assoluta verticalità.

Quando per la presenza di trovanti o di materiale litoide uniforme non risulti possibile l'infissione attraverso battipalo si dovrà procedere alla perforazione attraverso idonea attrezzatura in modo da consentire il completo inserimento del paletto. Nel caso, l'Appaltatore è tenuto ad avvertire tempestivamente la Direzione Lavori perché questa possa assumere le più opportune decisioni in merito.

In caso di carenza di adeguato supporto dei paletti delle barriere metalliche (vincolo), od altre particolari situazioni, la Direzione Lavori potrà richiedere l'adozione d'adeguate opere di rinforzo del supporto.

Sono a carico dell'Appaltatore le eventuali riprese d'allineamento e rimessa in quota delle barriere per il

periodo sino al collaudo ancorché ciò dipenda da limitati cedimenti della sede stradale e la ripresa possa essere eseguita operando sulle tolleranze dei fori di collegamento. Per quanto concerne il montaggio, l'Appaltatore sarà tenuto a sua cura e spese al completo rifacimento delle installazioni o di parte di essi se questi non dovessero essere stati eseguiti conformemente a quanto indicato nel progetto e nelle prescrizioni tecniche descritte nei "Manuali di Utilizzo ed Installazione" dei singoli dispositivi.

Nel caso di sostituzione di barriera esistente, l'eventuale smontaggio dovrà essere effettuato con cura senza causare rotture o danni. Eventuali danni o perdite saranno imputate all'Appaltatore.

Le banchine in terra e le cunette in calcestruzzo, sede dei montanti estratti, dovranno essere perfettamente ripristinate nello stato "quo-ante" ed ogni detrito o materiale di scarto trasportato a rifiuto a cura e spese dell'Appaltatore.

Per quanto riguarda specificatamente le barriere in calcestruzzo da Bordo Ponte, qualora non prescritto diversamente in progetto, si avrà cura di :

- Iniziare la posa a partire da un solo lato, del tratto interessato, proseguendo in avanzamento verso il punto terminale (per evitare disallineamenti nei punti di sutura - difficile da correggere),
- Utilizzare apposite "dime" per definire la posizione sul cordolo degli elementi successivi da installare,
- Verificare, in corrispondenza dei giunti dell'opera d'arte, la posizione dell'ultimo elemento standard (Lunghezza = 6 m) prima del giunto e dimensioni e posizione dell'elemento a cavallo del giunto, in riferimento al progetto. Eventuali disallineamenti di quest'ultimo elemento rispetto al progetto dovranno essere comunicati alla Direzione Lavori e da questa al progettista in modo da assumere i provvedimenti più opportuni.

