



Coordinamento Territoriale/Direzione

## CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2

IT.PRL.05.16 - Rev. 1.0

# Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento



Coordinamento Territoriale/Direzione  
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO  
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2  
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0  
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Presidente	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	DIC. 2016



## SOMMARIO

1.	CONGLOMERATI CEMENTIZI.....	8
1.1.	Prescrizioni per la durabilità delle opere in calcestruzzo .....	11
1.2.	Tipologie e requisiti dei calcestruzzi a prestazione garantita .....	13
1.2.1.	Calcestruzzi speciali.....	16
2.	ACCIAI .....	21
2.1.	Caratteristiche tecniche.....	23
3.	CASSEFORME.....	25
3.1.	Caratteristiche tecniche.....	26
4.	MALTE E CALCESTRUZZI DA RIPRISTINO STRUTTURALE E PROTEZIONE.....	27
4.1.	Caratteristiche tecniche.....	27
5.	ACCETTAZIONE E CONTROLLI .....	29
5.1.	Controllo delle certificazioni per materie prime e prodotti.....	29
5.2.	Prequalifica e qualifica .....	30
5.2.1.	Prequalifica e qualifica dei conglomerati cementizi.....	30
5.2.1.1.	Calcestruzzo prodotto senza processo industrializzato.....	30
5.2.1.2.	Calcestruzzo prodotto con processo industrializzato .....	33
5.2.1.3.	Qualifica dei calcestruzzi speciali .....	35
5.2.2.	Qualifica delle malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione.....	38
5.2.3.	Qualifica degli acciai .....	39
5.2.3.1.	Acciaio per c.a.....	40
5.2.3.2.	Acciaio per c.a.p.....	41
5.3.	Controlli in corso d'opera .....	41
5.3.1.	Controlli in corso d'opera sui conglomerati cementizi.....	41
5.3.1.1.	Controlli di accettazione sui conglomerati cementizi.....	42
5.3.1.2.	Controllo della resistenza del calcestruzzo messo in opera .....	45
5.3.1.3.	Controlli aggiuntivi sui calcestruzzi speciali.....	47
5.3.2.	Controlli sulle malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione .....	48
5.3.3.	Controlli sugli acciai.....	49
5.4.	Laboratori accreditati e autorizzati.....	51
6.	MODALITÀ DI ESECUZIONE.....	52



<b>6.1.</b>	<b>Confezionamento dei conglomerati cementizi .....</b>	<b>52</b>
<b>6.2.</b>	<b>Trasporto dei conglomerati cementizi.....</b>	<b>53</b>
<b>6.3.</b>	<b>Posa in opera dei conglomerati cementizi.....</b>	<b>54</b>
6.3.1.	Operazioni preliminari .....	54
6.3.2.	Getto del calcestruzzo .....	55
6.3.3.	Posa in opera in climi freddi.....	58
6.3.4.	Posa in opera in climi caldi .....	59
6.3.5.	Riprese di getto .....	60
6.3.5.1.	<i>Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo fresco .....</i>	<i>60</i>
6.3.5.2.	<i>Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo indurito.....</i>	<i>61</i>
<b>6.4.</b>	<b>Casseforme.....</b>	<b>61</b>
6.4.1.	Pulizia e trattamento delle casseforme .....	62
6.4.2.	Predisposizione di fori, tracce e cavità.....	62
<b>6.5.</b>	<b>Stagionatura e disarmo.....</b>	<b>62</b>
6.5.1.	Prevenzione delle fessure da ritiro plastico sulle superfici non cassate .....	63
6.5.2.	Rimozione dei casseri e maturazione umida .....	64
6.5.3.	Maturazione accelerata con trattamenti termici .....	65
6.5.4.	Regolarità delle superfici cassate .....	66
<b>6.6.</b>	<b>Giunti di discontinuità ed opere accessorie nelle strutture in conglomerato cementizio.....</b>	<b>67</b>
<b>6.7.</b>	<b>Armature per c.a. ....</b>	<b>68</b>
<b>6.8.</b>	<b>Armature di precompressione .....</b>	<b>70</b>
6.8.1.	Fili, barre e trefoli .....	70
6.8.2.	Tesatura delle armature di precompressione .....	71
6.8.3.	Iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. nuove .....	71
6.8.3.1.	<i>Misura della fluidità con il cono di Marsh .....</i>	<i>73</i>
6.8.4.	Iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. esistenti .....	74
6.8.4.1.	<i>Requisiti comuni .....</i>	<i>75</i>
6.8.4.2.	<i>Sistemi epossidici.....</i>	<i>75</i>
6.8.4.3.	<i>Boiacche cementizie .....</i>	<i>76</i>
6.8.5.	Modalità di iniezione .....	76
6.8.5.1.	<i>Iniezioni tradizionali.....</i>	<i>76</i>
6.8.5.2.	<i>Iniezioni sottovuoto .....</i>	<i>78</i>
6.8.6.	Prove .....	78





6.9.	Malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione .....	78
6.10.	Tolleranze di esecuzione .....	79
7.	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE.....	80
7.1.	Norme generali .....	80
7.2.	Criteri di misura.....	81
7.2.1.	Conglomerati cementizi.....	82
7.2.2.	Casseforme .....	83
7.2.3.	Acciaio per c.a. e c.a.p. ....	84
8.	NON CONFORMITÀ E SANZIONI.....	85
8.1.	Conglomerati cementizi.....	85
8.2.	Acciaio per c.a. e c.a.p. ....	88
9.	COLLAUDO .....	88
10.	MANUTENZIONE .....	89
10.1.	Contenuti ed articolazione del Piano di Manutenzione.....	89
11.	NORMATIVE E RIFERIMENTI.....	90
11.1.	Leggi e normative sugli aspetti strutturali.....	90
11.2.	Leggi e normative inerenti il rilascio della Marcatura CE.....	91
12.	APPENDICE .....	95
12.1.	Caratteristiche dei materiali costituenti i conglomerati cementizi.....	95
12.1.1.	Cemento.....	95
12.1.1.1.	Considerazioni generali.....	95
12.1.1.2.	Controlli sul cemento.....	96
12.1.2.	Aggiunte minerali .....	97
12.1.2.1.	Considerazioni generali.....	97
12.1.2.2.	Ceneri volanti.....	98
12.1.2.3.	Fumo di silice.....	100
12.1.2.4.	Loppa d'altoforno macinata .....	101
12.1.2.5.	Altri tipi di aggiunta minerale ad attività pozzolanica .....	101
12.1.3.	Aggregati .....	101
12.1.4.	Acqua di impasto .....	102
12.1.5.	Additivi .....	103



12.1.6.	Agenti espansivi non metallici.....	104
<b>12.2.</b>	<b>Fibre.....</b>	<b>105</b>
12.2.1.	Fibre per uso strutturale .....	105
12.2.1.1.	<i>Caratteristiche tecniche.....</i>	<i>105</i>
<b>12.3.</b>	<b>Caratteristiche dei conglomerati cementizi.....</b>	<b>106</b>
12.3.1.	Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati .....	106
12.3.2.	Lavorabilità .....	107
12.3.3.	Rapporto acqua/cemento.....	108
12.3.4.	Massa volumica .....	110
12.3.5.	Contenuto di aria .....	110
12.3.6.	Acqua di bleeding .....	111
12.3.7.	Misura della temperatura del calcestruzzo al getto .....	111
12.3.8.	Contenuto di cloruri nel calcestruzzo .....	111
12.3.9.	Grado di compattazione .....	111
12.3.10.	Tempo di presa .....	112
12.3.11.	Requisiti aggiuntivi.....	112
12.3.11.1.	<i>Resistenza a trazione indiretta.....</i>	<i>112</i>
12.3.11.2.	<i>Resistenza a flessione .....</i>	<i>112</i>
12.3.11.3.	<i>Modulo elastico statico e dinamico.....</i>	<i>113</i>
12.3.11.4.	<i>Deformazione viscosa .....</i>	<i>113</i>
12.3.11.5.	<i>Ritiro idraulico libero.....</i>	<i>114</i>
12.3.11.6.	<i>Espansione contrastata .....</i>	<i>114</i>
12.3.11.7.	<i>Permeabilità all'acqua .....</i>	<i>114</i>
12.3.11.8.	<i>Gradiente e ritiro termico .....</i>	<i>115</i>
<b>12.4.</b>	<b>Specificazione dei calcestruzzi proiettati .....</b>	<b>116</b>
<b>12.5.</b>	<b>Acciaio per c.a.: zincatura a caldo per immersione .....</b>	<b>117</b>
<b>13.</b>	<b>ALLEGATI.....</b>	<b>119</b>
13.1.	ALLEGATO 1: CONTROLLI SUL CEMENTO .....	120
13.2.	ALLEGATO 2: CONTROLLI SULLE CENERI VOLANTI.....	121
13.3.	ALLEGATO 3: CONTROLLI SUL FUMO DI SILICE.....	124
13.4.	ALLEGATO 4: CONTROLLI SU LOPPA D'ALTOFORNO GRANULATA MACINATA.....	125
13.5.	ALLEGATO 5: CONTROLLI SUGLI AGGREGATI PER CALCESTRUZZO .....	126
13.6.	ALLEGATO 6: CONTROLLI SU ACQUA D'IMPASTO PER CALCESTRUZZO .....	129
13.7.	ALLEGATO 7: CONTROLLI SU ADDITIVI ED AGENTI ESPANSIVI .....	131



Coordinamento Territoriale/Direzione  
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO  
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2  
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0  
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

13.8.	ALLEGATO 8: CONTROLLI SULLE FIBRE .....	133
13.9.	ALLEGATO 9: CONTROLLI SULLE MISCELE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO .....	136
13.10.	ALLEGATO 10 .....	142



## 1 **PREMESSA**

Le prescrizioni contenute nel presente Capitolato Speciale di Appalto si applicano ai conglomerati cementizi per usi strutturali e non, armati e non, per opere in cemento armato normale e precompresso, anche fibro-rinforzati, per la realizzazione di strutture gettate in opera o prefabbricate sia all'aperto che in sotterraneo.

Il presente Capitolato Speciale di Appalto specifica inoltre i requisiti, le caratteristiche prestazionali, le modalità di accettazione e di controllo dei calcestruzzi e degli acciai per la realizzazione delle opere in CA e CAP lungo le infrastrutture stradali della rete di competenza ANAS S.p.A.

Soluzioni alternative o innovative, sono considerate ammissibili solo quando sia dimostrabile e garantibile la parità o la superiorità ai requisiti prestazionali oltre specificati e/o la convenienza economica per ANAS, nell'adozione del sistema innovativo.

## 2 **CONGLOMERATI CEMENTIZI**

**Articoli di Elenco Prezzi correlati:**

**Conglomerati cementizi per opere all'aperto:**

- B.03.025 CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER MAGRONE E/O OPERE DI SOTTOFONDAZIONE
  - B.03.025.a - CON CEMENTO: 150 kg/mc
  - B.03.025.b - CON CEMENTO: 200 kg/mc
  - B.03.025.c - CON CEMENTO: 250 kg/mc
  - B.03.025.d - CON CEMENTO: 300 kg/mc
  - B.03.025.e - CON CEMENTO: 350 kg/mc
- B.03.030 CALCESTRUZZO NON STRUTTURALE
  - B.03.030.a - CLASSE DI RESISTENZA C20/25 ( $R_{CK} \geq 25$  N/mm<sup>2</sup>)
  - B.03.030.b - CLASSE DI RESISTENZA C25/30 ( $R_{CK} \geq 30$  N/mm<sup>2</sup>)
- B.03.031 CALCESTRUZZI STRUTTURALI PER OPERE DI FONDAZIONE IN C.A. O C.A.P.
  - B.03.031.a - CLASSE DI RESISTENZA C25/30 ( $R_{CK} \geq 30$  N/mm<sup>2</sup>)
  - B.03.031.b - CLASSE DI RESISTENZA C28/35 ( $R_{CK} \geq 35$  N/mm<sup>2</sup>)
  - B.03.031.c - CLASSE DI RESISTENZA C32/40 ( $R_{CK} \geq 40$  N/mm<sup>2</sup>)



- B.03.031.d - CLASSE DI RESISTENZA C35/45 ( $R_{CK} \geq 45$  N/mm<sup>2</sup>)
- B.03.035 CALCESTRUZZI STRUTTURALI PER OPERE IN ELEVAZIONE VERTICALI O ORIZZONTALI IN C.A. O C.A.P.
  - B.03.035.a - CLASSE DI RESISTENZA C25/30 ( $R_{CK} \geq 30$  N/mm<sup>2</sup>)
  - B.03.035.b - CLASSE DI RESISTENZA C28/35 ( $R_{CK} \geq 35$  N/mm<sup>2</sup>)
  - B.03.035.c - CLASSE DI RESISTENZA C32/40 ( $R_{CK} \geq 40$  N/mm<sup>2</sup>)
  - B.03.035.d - CLASSE DI RESISTENZA C35/45 ( $R_{CK} \geq 45$  N/mm<sup>2</sup>)
- B.03.040 CALCESTRUZZI STRUTTURALI PER OPERE IN C.A. O C.A.P. O PER ELEMENTI PREFABBRICATI
  - B.03.040.a - CLASSE DI RESISTENZA C40/50 ( $R_{CK} \geq 50$  N/mm<sup>2</sup>)
  - B.03.040.b - CLASSE DI RESISTENZA C45/55 ( $R_{CK} \geq 55$  N/mm<sup>2</sup>)
- B.03.045 SOVRAPPREZZO PERCENTUALE PER CALCESTRUZZO A PRESTAZIONE GARANTITA
  - B.03.045.a - PER CLASSE CONSISTENZA S5
  - B.03.045.b - PER AUTOCOMPATTANTI SCC
  - B.03.045.c - PER IMPIEGO CEMENTO RESISTENTE AI SOLFATI
  - B.03.045.d - PER IMPIEGO CEMENTO A BASSO CALORE DI IDRATAZIONE
  - B.03.045.e - PER CALCESTRUZZO A RITIRO COMPENSATO
- B.03.065 SOVRAPPREZZO PERCENTUALE PER GETTI DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO, DI CUI AI PRECEDENTI ARTICOLI
  - B.03.065.a - PER QUANTITATIVI UGUALI O INFERIORI A MC 2,00
  - B.03.065.b - PER QUANTITATIVI SUPERIORE A MC 2,00 ED INFERIORE A MC 5,00
- B.03.070 ADDITIVO PER CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER OGNI KG DI ADDITIVO

**Conglomerati cementizi spruzzati per opere all'aperto:**

- B.06.001 MURATURA DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO SPRUZZATO CONTENUTO MINIMO DI CEMENTO 200 KG/MC CLASSE C16/20 ( $R_{ck} \geq 20$  N/mm<sup>2</sup>)
  - B.06.001.a - PER OGNI MC
  - B.06.001.b - PER RIVESTIMENTO DI CM 5
  - B.06.001.c - PER RIVESTIMENTO DI CM 10
  - B.06.001.d - PER RIVESTIMENTO DI CM 20
  - B.06.001.e - PER RIVESTIMENTO DI CM 25



- B.06.002 RIVESTIMENTI CON CALCESTRUZZO SPRUZZATO ALL'APERTO CLASSE 25/30 (RCK 30 N/mm<sup>2</sup>) IN OPERA
  - B.06.002.a - RIVESTIMENTO DI CM 5 SFRIDO 20%
  - B.06.002.b - RIVESTIMENTO DI CM 10 SFRIDO 20%
  - B.06.002.c - RIVESTIMENTO DI CM 15 SFRIDO 20%
  - B.06.002.d - RIVESTIMENTO DI CM 20 SFRIDO 20%
- B.06.004 RIVESTIMENTI CON CALCESTRUZZO SPRUZZATO ALL'APERTO CLASSE 28/35 (RCK 35 N/mm<sup>2</sup>) IN OPERA
  - B.06.004.a - PER OGNI MC SFRIDO 20%
  - B.06.004.b - RIVESTIMENTO DI CM 5 SFRIDO 20%
  - B.06.004.c - RIVESTIMENTO DI CM 10 SFRIDO 20%
  - B.06.004.d - RIVESTIMENTO DI CM 15 SFRIDO 20%
  - B.06.004.e - RIVESTIMENTO DI CM 20 SFRIDO 20%
- B.08.030 REGOLARIZZAZIONE DI PARATIE DI PALI CON SPRITZBETON E RETE

**Conglomerati cementizi per opere in sotterraneo:**

- C.02.001.1 CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER RIVESTIMENTO IN SOTTERRANEO
  - C.02.001.1.a - TIPO RCK  $\geq$  30 N/MMQ PER CALOTTA E PIEDRITTI
  - C.02.001.1.b - TIPO RCK  $\geq$  30 N/MMQ PER POZZI PROFONDITÀ < 50 M
  - C.02.001.1.c - TIPO RCK  $\geq$  30 N/MMQ PER ARCO ROVESCIO
  - C.02.001.1.d - TIPO RCK  $\geq$  35 N/mm<sup>2</sup> PER CALOTTA O PIEDRITTI
  - C.02.001.1.e - TIPO RCK  $\geq$  35 N/mm<sup>2</sup> PER POZZI A PROFONDITÀ < 50 M
  - C.02.001.1.f - TIPO RCK  $\geq$  35 N/mm<sup>2</sup> PER GETTI DI ARCO ROVESCIO
  - C.02.002 MAGGIORAZIONE PER GETTO RIVESTIMENTO IN POZZI
  - C.02.002.a - TIPO RCK  $\geq$  35 N/MMQ PER POZZI PROFONDITÀ DA 50 A 100 M
  - C.02.002.b - TIPO RCK  $\geq$  35 N/MMQ PER POZZI PROFONDITÀ OLTRE I 100 M

**Conglomerati cementizi spruzzati per opere in sotterraneo:**

- C.02.011 CALCESTRUZZO SPRUZZATO RCK 35 N/mm<sup>2</sup>
  - C.02.011.1 PER RIVESTIMENTO FRONTE SCAVO
  - C.02.011.2 PER RIVESTIMENTO CUNICOLO
  - C.02.011.3 PER RIVESTIMENTO GALLERIE
  - C.02.011.3.a - rivestimento di cm 5



- C.02.011.3.b- rivestimento di cm 10
- C.02.011.3.c - rivestimento di cm 15
- C.02.011.3.d- rivestimento di cm 20
- C.02.011.4 PER RIVESTIMENTO POZZI
- C.02.011.4.a - rivestimento per cm 5
- C.02.011.4.b- rivestimento per cm 10
- C.02.011.4.c - rivestimento per cm 20
- C.02.011.4.d- rivestimento per cm 30

## 2.1 Prescrizioni per la durabilità delle opere in calcestruzzo

Secondo il D.M. 14/01/2008, la **durabilità delle opere in calcestruzzo** è la capacità di mantenere entro limiti accettabili per le esigenze di esercizio i valori delle caratteristiche fisico-meccaniche e funzionali in presenza di cause di degradazione, per tutta la vita nominale prevista in progetto.

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

Secondo quanto previsto nel § 11.2.11 del D.M. 14/01/2008, il progettista, valutate opportunamente le condizioni ambientali di impiego dei calcestruzzi, deve fissare le prescrizioni in termini di caratteristiche del calcestruzzo da impiegare, di valori del copriferro e di regole di maturazione dei getti.

Al fine di soddisfare le richieste di durabilità in funzione delle condizioni ambientali, occorrerà fare riferimento alle norme UNI EN 206 ed UNI 11104 e, in particolare, alle classi di esposizione riportate nel prospetto 1 della EN 206/1 ed ai valori limite per la composizione e per le prestazioni riportate nel prospetto 4 della UNI 11104 (vedi successivo par. 2.2).

Inoltre, ai fini di preservare le armature metalliche da qualsiasi fenomeno di aggressione ambientale, lo spessore di **copriferro** da prevedere in progetto, cioè la misura tra la parete interna del cassero e la parte più esterna della circonferenza della barra più vicina, dovrà rispettare allo stesso tempo le indicazioni della UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) al § 4.4.1 ed al § C4.1.6.1.3 della Circolare esplicativa 617, garantire l'aderenza e la trasmissione degli sforzi tra acciaio e calcestruzzo e, se del caso, assicurare la resistenza al fuoco della struttura o dei singoli elementi interessati.

Con specifico riferimento agli spessori minimi di copriferro in funzione della classe di esposizione indicati nella UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2), si ricorda che i valori a garanzia di una durabilità di 50 anni sono quelli corrispondenti alla classe strutturale S4 dei prospetti 4.4N e 4.5N.



Nel caso la durabilità voglia essere aumentata, ad esempio fino a 100 anni, si dovrà considerare la classe strutturale S5, con un incremento di 10 mm di copriferro, ovvero si dovrà incrementare la classe di resistenza del calcestruzzo, secondo quanto indicato al prospetto 4.3N della stessa norma.

Analoghe indicazioni sono contenute anche nel § C4.1.6.1.3 della Circolare esplicativa 617.

In caso di **formazioni di fessure nel copriferro**, la massima apertura superficiale ammessa senza dover ricorrere alle operazioni di ripristino, sarà funzione della classe di esposizione della struttura.

Salvo diversa indicazione del progettista, potranno prendersi come riferimento i limiti riportati al §4.1.2.2.4 del D.M. 14-01-2013, incrementati di 0,1 mm per tener conto che essi si riferiscono al valore dell'apertura della fessura in corrispondenza dell'armatura e non in superficie:

per **armature poco sensibili** (acciai per c.a. non precompresso, inossidabili, zincati o rivestiti con specifici prodotti tipo UNI EN 1504-7):

- < 0,4 + 0,1 mm: per classi di esposizione X0, XC1, XC2, XC3, XF1;
- < 0,3 + 0,1 mm: per classi di esposizione XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3;
- < 0,2 + 0,1 mm per classi di esposizione XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4;

per **armature sensibili**, ovvero acciai per c.a.p.:

- < 0,3 + 0,1 mm: per classi di esposizione X0, XC1, XC2, XC3, XF1;
- < 0,2 + 0,1 mm: per classi di esposizione XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3;
- < 0 + 0,1 mm: per classi di esposizione XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4.

Qualora si rilevino in superficie fessure di apertura superiori ai limiti sopra indicati, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura a:

per aperture < 0,1 mm: nessun intervento;

per aperture superiori a 0,1 mm ma < 0,4 mm: rivestimenti impermeabili ad acqua e CO<sub>2</sub> conformi a UNI EN 1504/2;

per aperture > 0,4 mm: sigillatura delle fessure mediante prodotti da iniezione conformi a UNI EN 1504-5 ed eventuali rivestimenti impermeabili ad acqua e CO<sub>2</sub> conformi a UNI EN 1504/2.





NOTA Nei **casi di danni più severi o per particolari criticità della struttura**, eventuali interventi di demolizione e rifacimento delle strutture danneggiate potranno essere disposti dalla Direzione Lavori dopo opportuno approfondimento di indagini sullo stato fessurativo della struttura.

Le suddette prescrizioni saranno applicate anche a tutti gli elementi prefabbricati e/o precompressi.

## 2.2 Tipologie e requisiti dei calcestruzzi a prestazione garantita

Le materie prime utilizzate devono rispondere ai requisiti del § 11 del DM 14-01-2008 e saranno caratterizzate secondo quanto riportato in Appendice 14.

I **conglomerati cementizi** sono confezionati a prestazione garantita forniti a piè d'opera, con classi di esposizione indicati negli elaborati progettuali secondo norma UNI EN 206 e UNI 11104 in conformità al D.M. 14/01/2008 per qualsiasi classe di resistenza e confezionati a norma di legge anche se debolmente armati (fino ad un massimo di 30 kg per m<sup>3</sup>) confezionati con cemento, inerti acqua ed eventuale aggiunta di additivi, aggiunte minerali e fibre.

Si farà riferimento alle **classi di resistenza**, così come definite al § 4.1 delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008 (Tabella 1).

In particolare, relativamente alla **resistenza caratteristica convenzionale a compressione**, il calcestruzzo verrà individuato mediante la simbologia **C(X/Y)**, dove:

- **X** è la resistenza caratteristica a compressione misurata su **provini cilindrici** ( $f_{ck}$ ), con rapporto altezza/diametro pari a 2;
- **Y** è la resistenza caratteristica a compressione valutata su **provini cubici** di lato 150 mm ( $R_{ck}$ ).

Tabella 1 Classi di resistenza

C8/10	C25/30	C40/50	C60/75
C12/15	C28/35	C45/55	C70/85



C16/20	C32/40	C50/60	C80/95
C20/25	C35/45	C55/67	C90/105

Nella Tabella 2, sono indicate le tipologie di conglomerato a "prestazione garantita" in conformità ai requisiti di durabilità indicati nella UNI EN 206 e nella UNI 11104.

Il produttore del calcestruzzo dovrà adottare tutti gli accorgimenti in termini di ingredienti e di composizione dell'impasto per garantire che il calcestruzzo possieda, al momento della consegna in cantiere, la **lavorabilità** prescritta in progetto e riportata per ogni specifica tipologia di conglomerato nella Tabella 2.

Per quanto riguarda gli altri parametri per la caratterizzazione del calcestruzzo allo stato fresco ed indurito si rimanda a quanto indicato nel § 13.2.

Tabella 2 Tipologie di conglomerati cementizi a prestazione garantita e relativi campi di impiego.

Tipo	Classi esposizione ambientale	Classe resistenza minima C (X/Y)	Rapporto a/c max	Contenuto minimo di cemento ** [kg/m³]	Contenuto di aria in % UNI EN 12350/7	D <sub>max</sub> *** mm	Classe di consistenza min. UNI EN 12350/2 ***	Tipo di cemento **** (se necessario)	Classe contenuto in cloruri
I									
I-A	XC2	C (25/30)	0.60	300	≤ 2,5%	32	S4-S5	In caso di grandi spessori* : LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1	Cl 0.4
I-B	XA1	C (28/35)	0.55	320	≤ 2,5%	32	S4-S5	In caso di grandi spessori* LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1	Cl 0.4
I-C	XA2	C (32/40)	0.50	340	≤ 2,5%	32	S4-S5	SR (Sulphate Resistant) e in caso di grandi spessori* anche LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1	Cl 0.4



I-D	XA3	C (35/45)	0.45	360	$\leq 2,5\%$	32	S4-S5	SR (Sulphate Resistant) e in caso di grandi spessori* anche LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1	CI 0.4
<b>II</b>									
II-A	XC4 XS1	C (32/40)	0.50	340	$\leq 2,5\%$	32	S4-S5		CI 0.4 (CI 0,2 se in XS1)
II-B	XF4	C (28/35)	0.45	360	$8 \pm 1\%$ per $D_{max} \leq 10\text{mm}$ $6 \pm 1\%$ per $D_{max} = 10-20\text{mm}$ $5 \pm 1\%$ per $D_{max} \geq 20\text{mm}$	32	S4-S5		CI 0.2
<b>III</b>									
III-A	XC4 XS1	C (32/40)	0.50	340	$\leq 2,5\%$	32	S4-S5	In caso di grandi spessori* LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1	CI 0.4 (CI 0,2 se in XS1)
III-B	XF2	C (25/30)	0,50	340	$8 \pm 1\%$ per $D_{max} \leq 10\text{mm}$ $6 \pm 1\%$ per $D_{max} = 10-20\text{mm}$ $5 \pm 1\%$ per $D_{max} \geq 20\text{mm}$	32	S4-S5	In caso di grandi spessori* LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1	CI 0.2
<b>IV</b>									
IV-A	XC4	C (32/40)	0.50	340	$\leq 2,5\%$	32	S4-S5		CI 0.4
IV-B	XF2	C(25/30)	0.50	340	$8 \pm 1\%$ per $D_{max} \leq 10\text{mm}$ $6 \pm 1\%$ per $D_{max} = 10-20\text{mm}$ $5 \pm 1\%$ per $D_{max} \geq 20\text{mm}$	32	S4-S5		CI 0.2
<b>V</b>									
V-A	X0	C (20/25)	0.65	260	---	32	S4		CI 0.4
V-B	XF2	C(25/30)	0.50	340	$8 \pm 1\%$ per $D_{max} \leq 10\text{mm}$ $6 \pm 1\%$ per $D_{max} = 10-20\text{mm}$ $5 \pm 1\%$ per $D_{max} \geq 20\text{mm}$	32	S4		CI 0.2

NOTE alla Tabella 2

(\*) Per la classificazione delle opere di grande spessore, vedi appresso "calcestruzzi per getti massivi".

(\*\*) Come previsto al § 5 della UNI 11104, nel caso di calcestruzzi destinati ad opere massive o di calcestruzzi speciali i requisiti di composizione e prestazione devono essere verificati e riconsiderati nei riguardi sia delle classi di esposizione che di specifici criteri di durabilità (es. minimizzazione dosaggio cemento per ridurre rischio fessurazione per calore di idratazione o ritiro igrometrico). In tal caso, eventuali deroghe (es. dosaggi di cemento inferiori ai minimi indicati nella Tabella 2, raggiungimento della  $R_{ck}$  a stagionature più lunghe rispetto ai 28 giorni)



possono essere concesse in fase di prequalifica e qualifica delle miscele mediante preventiva definizione e successivo controllo delle caratteristiche prestazionali da capitolato che devono comunque essere raggiunte.

(\*\*\*) Il Diametro massimo ed i valori della consistenza possono essere indicati diversamente a discrezione del Progettista, sulla base della geometria degli elementi strutturali, della loro posizione, della densità d'armatura e delle modalità esecutive. Per quanto riguarda il  $D_{max}$ , in assenza di altra indicazione, si terranno presenti le seguenti limitazioni:

- $D_{max} < \text{copri ferro};$
- $D_{max} < \text{interferro minimo} - 5 \text{ mm};$
- $D_{max} < \frac{1}{4} \text{ della sezione minima della struttura.}$

(\*\*\*\*) Si veda paragrafo 14.1.1.1 relativo alla scelta dei cementi raccomandabili in caso di esposizione ad aggressione da parte di cloruri o rischio di alcali reattività.

NOTA Resta inteso che le indicazioni del Progettista, qualora differenti, sono comunque vincolanti, se più restrittive di quelle ivi indicate; ad esempio, potranno essere prescritti i seguenti **requisiti aggiuntivi** (Tabella 3) definiti e misurabili secondo quanto riportato al paragrafo 13.3.11.

Tabella 3: **Requisiti aggiuntivi raccomandate in funzione della tipologia di calcestruzzo.**

Tipo	Campi di impiego	Resistenza a trazione indiretta	Resistenza a Flessione	Modulo elastico	Deform.ne viscosa	Ritiro igrometrico libero	Espansione contrastata	Permeabilità all'acqua	Gradiente termico
I	Strutture di fondazione							X	Se di grande spessore X
II	Strutture orizzontali principali	X	X			X	X		Se di grande spessore X
III	Strutture verticali principali			X	X				Se di grande spessore X
IV	Strutture verticali ed orizzontali secondarie							Per tombini scatoari X	
V	Elementi non strutturali vari							X	

### 2.2.1 Calcestruzzi speciali

Per quanto concerne i **calcestruzzi speciali** si individuano:



a) i **calcestruzzi per getti massivi**: laddove per opera “massiva” si intende qualunque volume di calcestruzzo con dimensioni tali da richiedere misure preventive per far fronte alla cospicua generazione di calore dovuta all'idratazione del cemento e alle conseguenti fessurazioni dovute cambiamento di volume, sia in fase di riscaldamento che di raffreddamento del getto. Impiegabili sia per le strutture di fondazione che per quelle in elevazione:

- quando la struttura di fondazione (platea, plinto o trave di fondazione) ha uno spessore superiore a 150 cm;
- quando le strutture o parti di struttura in elevazione (pilastri, pile, muri o setti verticali) hanno spessore o diametro superiore a 80 cm ed altezza superiore a 400 cm.
- Il contenuto minimo di cemento dovrà essere adeguatamente stabilito in modo tale che durante il raffreddamento del conglomerato, dopo la rimozione dei casseri, siano soddisfatte le condizioni di cui al successivo par. 13.3.11.8. “*Gradiente e ritiro termico*”.
- Una prima stima del dosaggio di cemento utilizzabile può essere effettuata imponendo che il riscaldamento del calcestruzzo del nucleo, ipotizzato in condizioni adiabatiche, non superi dopo 3 giorni i 35°C. Dovrà risultare:
- $$\delta T_{3gg} = \frac{c \times q_3}{m \times \rho}$$
- dove:
- $\delta T_{3gg} = 35^\circ\text{C}$ ;
- $c$  = dosaggio di cemento e di eventuali aggiunte di tipo II ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) il cui contributo al calore di idratazione nei primi giorni di maturazione non possa considerarsi trascurabile;
- $q_3$  = calore di idratazione unitario del cemento ( $\text{kJ}/\text{kg}$ ) a 3 giorni di maturazione (dato fornito dal produttore di cemento);
- $m$  = peso specifico del calcestruzzo ( $\text{kg}/\text{m}^3$ );
- $\rho$  = calore specifico del calcestruzzo (mediamente pari a 1  $\text{kJ}/\text{kg } ^\circ\text{C}$ )
- I cementi con i valori di  $q_3$  più bassi sono classificati nella UNI EN 197-1 e vengono contraddistinti dalla sigla “LH” (Low Heat).



- Si ricorda che, come previsto al § 5 della UNI 11104, nel caso di calcestruzzi destinati ad opere massive, i requisiti di composizione, quali la minimizzazione del dosaggio cemento (per ridurre rischio fessurazione per calore) e la prestazione, devono essere verificati e riconsiderati nei riguardi sia delle classi di esposizione che di specifici criteri di durabilità di idratazione o ritiro igrometrico.
- In tal caso, potranno quindi essere concordate con il progettista e la Direzione lavori eventuali deroghe per dosaggi di cemento inferiori ai minimi indicati nella Tabella 2 precedentemente riportata e nel raggiungimento della  $R_{ck}$  a stagionature più lunghe rispetto ai 28 giorni, da verificare in fase di prequalifica e qualifica delle miscele.

**b) i calcestruzzi a ritiro compensato:** che saranno confezionati utilizzando agenti espansivi di tipo non metallico di cui al successivo § 13.1.6. *“Agenti espansivi non metallici”*, generalmente con dosaggi variabili tra i 20 ed i 40 kg/m<sup>3</sup>.

Ulteriori specifiche sono riportate ai § 6.2.1.3 e § 6.3.1.3

**c) i calcestruzzi fibro-rinforzati:** addizionati con fibre in polipropilene, PVA o acciaio con i seguenti scopi:

- miglioramento del comportamento a trazione;
- miglioramento del comportamento a trazione per flessione;
- capacità di assorbire energia in fase post fessurativa;
- aumento della capacità di assorbire variazioni termiche;
- aumento della resistenza ad azioni cicliche (fatica);
- prevenzione della fessurazione da ritiro idraulico.

Per la progettazione delle strutture in calcestruzzo fibro-rinforzato si farà riferimento alle indicazioni riportate nel DT 204/2006: *“Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Strutture di Calcestruzzo Fibro-rinforzato”*. Il contenuto in peso delle fibre è determinato dalle esigenze progettuali e se ne deve tenere conto in fase di messa a punto della miscela, per controllare le eventuali variazioni di comportamento del calcestruzzo allo stato fresco ed indurito.

Ulteriori specifiche sono riportate ai § 6.2.1.3 e § 6.3.1.3



d) i **calcestruzzi leggeri per uso strutturale e non**: sono confezionati con aggregati leggeri minerali artificiali o naturali, con classi di massa volumica secca (tra 800 e 2.000 kg/m<sup>3</sup>) e di resistenza a compressione (da LC8/9 e LC80/88). Si farà riferimento a quanto indicato al § 4.1.12 delle Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14/01/2008, con classi di resistenza ammesse da LC20/22 a LC55/60 e tipo di impiego secondo quanto riportato nella seguente Tabella 4, valida anche per i calcestruzzi di peso normale (minimo C16/20 > 20MPa per strutture armate; minimo C28/35 per strutture armate precomprese);

Tabella 4     **Impiego delle diverse classi di resistenza** (rif. Tabella 4.1.II delle NTC)

STRUTTURE DI DESTINAZIONE	CLASSE DI RESISTENZA MINIMA
Per strutture non armate o a bassa percentuale di armatura (§ 4.1.11 NTC)	C8/10
Per strutture semplicemente armate	C16/20
Per strutture precomprese	C28/35

e) i **calcestruzzi proiettati**: posti in opera mediante spruzzo, attraverso una lancia ad aria compressa, contro una superficie di applicazione (supporto), in uno o più strati, in modo da realizzare riporti su elementi costruttivi esistenti o interi elementi bidimensionali (volte, rivestimenti di scarpate, ripristini corticali, ecc.) armati o non armati, senza impiego di cassetture. Per i calcestruzzi proiettati la produzione, la messa in opera ed il controllo sono regolati dalle norme UNI EN 14487-1 e UNI EN 14487-2, cui l'Impresa dovrà fare riferimento per quanto non espressamente indicato nel presente Capitolato. In conformità a quanto riportato al § 4 della UNI EN 14487-1, i calcestruzzi proiettati vengono classificati in funzione dei seguenti parametri:

- consistenza della miscela umida (UNI EN 14487-1 § 4.1);
- classe di esposizione (UNI EN 14487-1 § 4.2);
- velocità di sviluppo delle prestazioni meccaniche nel calcestruzzo giovane (UNI EN 14487-1 § 4.3);
- classe di resistenza (UNI EN 14487-1 § 4.4)



I **calcestruzzi proiettati fibrorinforzati**, inoltre, vengono classificati in base ai seguenti parametri:

- classe di resistenza residua (UNI EN 14487-1 § 4.5.2);
- capacità di assorbimento di energia ((UNI EN 14487-1 § 4.5.3)

Gli **additivi per la proiezione**, che sono delle sostanze, liquide e solide, aggiunte alla miscela base, per consentirne la proiezione e la posa in opera senza centine e casserature, si distinguono in:

- acceleranti di presa e additivi acceleranti di presa non alcalini;
- regolatori di consistenza;
- miglioratori dell'aderenza.

Essi devono risultare conformi alla UNI EN 934-5

Per quanto riguarda i **requisiti composizionali ed i limiti di dosaggio** degli **additivi**, in aggiunta a quanto riportato nella UNI EN 934-5, valgono le seguenti limitazioni:

- 1) contenuto di solfati (espressi come  $\text{SO}_3$ )  $\leq 1\%$ ;
- 2) per acceleranti a base di silicati di sodio:
  - rapporto in peso  $\text{SiO}_2 / \text{Na}_2\text{O} \geq 3,4$ ;
  - contenuto di cloruri  $< 0,1\%$ ;
  - $\text{pH} \leq 11,5$ ;
- 3) per conglomerati proiettati esposti ad attacco solfatico:
  - contenuto di alluminati (espressi come  $\text{Al}_2\text{O}_3$ )  $\leq 0,6\%$  in peso sul cemento per additivi contenenti alcali;
  - contenuto di alluminati (espressi come  $\text{Al}_2\text{O}_3$ )  $\leq 1,0\%$  in peso sul cemento per additivi non alcalini.





Per i controlli specifici relativi ai calcestruzzi special si rimanda ai paragrafi § 6.2.1.3 in fase di qualifica e § 6.3.1.36.3.1 in fase di controlli di accettazione.

I **componenti del calcestruzzo proiettato di riferimento** (cemento, acqua, eventuali aggiunte, aggregati, additivi, fibre, ecc.) dovranno risultare conformi a quanto riportato al paragrafo 13.1 nonché alle indicazioni presenti nel prospetto 4 della UNI EN 14487-1.

NOTA Particolare attenzione dovrà essere posta alla verifica della potenziale reattività con gli alcali degli aggregati, qualora si preveda di impiegare additivi per la proiezione a base di alcali.

NOTA Particolare attenzione dovrà essere posta all'effetto di riduzione delle prestazioni meccaniche, alle medie e lunghe stagionature, che gli additivi acceleranti di presa e di indurimento possono causare rispetto ai valori attesi nella miscela di riferimento senza accelerante. Si dovrà verificare, in fase di qualifica della miscela (vedi successivo § 6.2.1.3), che la resistenza a compressione a 28 giorni sia conforme alle specifiche di progetto .

### 3 ACCIAI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

Acciai per opere all'aperto:

- B.05.030 ACCIAIO IN BARRE TONDE B450C BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA
- B.05.031 SOVRAPPREZZO PER IL RIVESTIMENTO PROTETTIVO DELLE BARRE
  - B.05.031.a - PER BARRE DI DIAMETRO FINO A 10,00 MM
  - B.05.031.b - PER BARRE DI DIAMETRO DA 10,01 A 15,00 MM
  - B.05.031.c - PER BARRE DI DIAMETRO DA 15,01 A 20,00 MM
  - B.05.031.d - PER BARRE DI DIAMETRO DA 20,01 A 30,00 MM
  - B.05.031.e - PER BARRE DI DIAMETRO DA 30,01 A 40,00 MM
- B.05.040 TONDINO IN ACCIAIO INOX CLASSE B450C
  - B.05.040.a - PER ACCIAIO AISI 304L
  - B.05.040.b - PER ACCIAIO AISI 316L
- B.05.050 RETE ELETTRICALDATA
  - B.05.050.a - RETE ACCIAIO B450C



- B.05.050.b - IN ACCIAIO INOX AISI 316L
  - B.05.050.c - IN ACCIAIO INOX AISI 304L
  - B.05.060 SOVRAPPREZZO ALL'ACCIAIO PER ZINCATURA A CALDO
  - B.05.070 SOVRAPPREZZO PERCENTUALE PER IMPIEGO DI ACCIAIO DI CUI AGLI ARTICOLI B.05.030 - B.05.050
    - B.05.070.a - PER QUANTITATIVI UGUALI O INFERIORI A 200 KG
    - B.05.070.b - PER QUANTITATIVI SUPERIORE A 200 KG ED INFERIORE A 500 KG
- Acciai per precompressione:
- B.05.020 TESTATA D'ANCORAGGIO ATTIVA A TESATURA DI TREFOLI O CAVI PER C.A.P.
    - B.05.020.a - FINO A 7 TREFOLI
    - B.05.020.b - DA 8 FINO A 19 TREFOLI
    - B.05.020.c - OLTRE I 20 TREFOLI
  - B.05.021 TESTATA D'ANCORAGGIO PASSIVA A TESATURA DI TREFOLI O CAVI PER C.A.P.
    - B.05.021.a - FINO A 7 TREFOLI
    - B.05.021.b - DA 8 FINO A 19 TREFOLI
    - B.05.021.c - OLTRE I 20 TREFOLI
  - B.05.022 TESTATA D'ANCORAGGIO DI GIUNZIONE A TESATURA DI TREFOLI O CAVI PER C.A.P.
    - B.05.022.a - FINO A 7 TREFOLI
    - B.05.022.b - DA 8 FINO A 19 TREFOLI
    - B.05.022.c - OLTRE I 20 TREFOLI
  - B.05.055 FILO X PRECOMPRESSO ACCIAIO DIAM 4 - 12 MM TIPO FP(0.2)K 1450 N/mm<sup>2</sup>
  - B.05.056 TRECCIA X PRECOMPRESSO ACCIAIO QUAL. DIAM. FP(0.2)K 1600 N/mm<sup>2</sup>
  - B.05.057 TREFOLO PER PRECOMPRESSO IN ACCIAIO FP(1)K 1600 N/mm<sup>2</sup>
  - B.05.065 ACCIAIO IN BARRE TIPO DIWIDAG X C.A.P. CON FPYK > 835 N/mm<sup>2</sup>
    - B.05.065.a - BARRE AVENTI FPYK > 835 N/mm<sup>2</sup> ED FPTK > 1030 N/mm<sup>2</sup>
    - B.05.065.b - BARRE AVENTI FPYK > 1080 N/mm<sup>2</sup> ED FPTK > 1230 N/mm<sup>2</sup>
  - Acciai per opere in sotterraneo:
  - C.02.005 ACCIAIO IN BARRE TONDE
    - C.02.005.a - TIPO B450C AD ADERENZA MIGLIORATA PER LAVORI IN SOTTERRANEO
  - C.02.014 RETE DI ACCIAIO A MAGLIE ELETTRICAMENTE SALDATE IN SOTTERRANEO



### 3.1 Caratteristiche tecniche

Le diverse tipologie di **acciaio ordinario per c.a.** ad adherenza migliorata impiegabili, secondo quanto previsto al § 11 del D.M. 14/01/2008, sono:

- **acciaio tipo B450C**
  - barre d'acciaio ( $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 40 \text{ mm}$ ), rotoli ( $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$ );
  - prodotti raddrizzati ottenuti da rotoli con diametri  $\leq 16 \text{ mm}$ ;
  - reti elettrosaldate:  $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$ ;
  - tralicci elettrosaldati  $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$
- **acciaio tipo B450A**
  - barre d'acciaio ( $5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$ ), rotoli ( $5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$ );
  - prodotti raddrizzati ottenuti da rotoli con diametri  $\leq 10 \text{ mm}$ ;
  - reti elettrosaldate:  $5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$ ;
  - tralicci elettrosaldati  $5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$

Ognuno di questi prodotti deve possedere tutti i requisiti previsti dal D.M. 14/01/2008, che specifica le caratteristiche tecniche che devono essere verificate, i metodi di prova e le condizioni di prova.

Tabella 5 Valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento  $f_{y \text{ nom}}$  e rottura  $f_{t \text{ nom}}$  degli acciai B450C e B450A

$f_{y \text{ nom}}$	450 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t \text{ nom}}$	540 N/mm <sup>2</sup>



Gli **acciai inossidabili**, se il loro impiego è previsto in progetto, dovranno rispettare tutte le caratteristiche previste al § 11.3.2.9.1 del D.M. 14/01/2008.

Quando previsto in progetto, gli acciai in barre e le reti di acciaio elettrosaldate dovranno essere **zincate** a caldo. Gli acciai da sottoporre al trattamento di zincatura a caldo dovranno essere caratterizzati da un tenore di silicio inferiore allo 0,03 - 0,04%, oppure compreso nell'intervallo 0,15-0,25%. Il peso del **rivestimento in zinco**, che non dovrà mai discostarsi di  $\pm 10\%$  dalla quantità di  $610 \text{ g/m}^2$  di superficie effettivamente rivestita, corrisponderà ad uno spessore di  $85 \mu\text{m} \pm 10\%$ .

È ammesso esclusivamente l'impiego di **acciai per c.a.p.** qualificati secondo le procedure di cui al § 11.3.1.2 del D.M. 14/01/2008 e controllati (in stabilimento, nei centri di trasformazione e in cantiere) con le modalità riportate nel § 11.3.3.5 del succitato D.M. Gli acciai per c.a.p. possono essere forniti in rotoli (fili, trecce, trefoli), in bobine (trefoli), in fasci (barre). I **fili** possono essere tondi o di altre forme; vengono individuati mediante il diametro nominale o il diametro nominale equivalente riferito alla sezione circolare equipesante. Le **barre** possono essere lisce, a filettatura continua o parziale, con risalti; vengono individuate mediante il diametro nominale.

Tabella 6 Proprietà meccaniche, garantite dal produttore degli acciai per c.a.p.

Tipo di acciaio	Barre	Fili	Trefoli	Trefoli a fili sagomati	Trecce
Tensione caratteristica di rottura $f_{ptk} \text{ N/mm}^2$	$\geq 1000$	$\geq 1570$	$\geq 1860$	$\geq 1820$	$\geq 1900$
Tensione caratteristica allo 0,1 % di deformazione residua $f_{p(0,1)k} \text{ N/mm}^2$	-----	$\geq 1420$	-----	-----	-----
Tensione caratteristica all'1 % di deformazione totale $f_{p(1)k} \text{ N/mm}^2$	-----	-----	$\geq 1670$	$\geq 1620$	$\geq 1700$
Tensione caratteristiche di snervamento $f_{pyk} \text{ N/mm}^2$	$\geq 800$	-----	-----	-----	-----
Allungamento sotto carico massimo $A_{gt}$	$\geq 3,5$	$\geq 3,5$	$\geq 3,5$	$\geq 3,5$	$\geq 3,5$



Gli **ancoraggi** terminali dell'armatura di precompressione dovranno essere conformi alle specifiche di progetto, composti essenzialmente da piastre di ripartizione e apparecchi di bloccaggio.

#### 4 CASSEFORME

##### Articoli di Elenco Prezzi correlati:

##### Casseforme per opere all'aperto:

- B.04.001 CASSEFORME PIANE ORIZZONTALI O VERTICALI PER CONGLOMERATI CEMENTIZI
- B.04.002 CASSERATURE CURVE O BOMBATE PER STRUTTURE SPECIALI
- B.04.003 CASSEFORME A PERDERE
- B.04.004 ARMATURA PER CASSERI ORIZZONTALI O SUBORIZZONTALI PER STRUTTURE RETTILINEE
  - B.04.004.a - LUCE DA M 2,01 A 10,00
  - B.04.004.b - LUCE DA M 10,01 A 18,00
  - B.04.004.c - LUCE DA M 18,01 A 27,00
  - B.04.004.d - LUCE DA M 27,01 A 32,00
  - B.04.004.e - LUCE DA M 32,01 A 40,00
  - B.04.004.f - LUCE DA M 40,01 A 45,00
- B.04.005 SOVRAPPREZZO PER ARMATURE DI CASSEFORME ORIZZONTALI CURVE  $R < 10$  MT
- B.04.006 MAGGIORAZIONE PER ALTEZZE MEDIE SUPERIORI AI 10 M - PER OGNI 5 M
- B.04.008 SOVRAPPREZZO ALLA VOCE B.04.001 PER ARMATURA DI SOSTEGNO PER CASSERI INCLINATI OLTRE IL 25% SULLA VERTICALE
- Casseforme per opere in sotterraneo:
- C.02.003 CASSEFORME PER CALCESTRUZZI DI RIVESTIMENTO IN SOTTERRANEO
  - C.02.003.a - PER CALOTTA O PIEDRITTI DI GALLERIA AD UNICO GETTO
  - C.02.003.b - DI PIEDRITTI A SEZIONE CORRENTE IN SOTTOMURAZIONE
  - C.02.003.c - PER POZZI DI AEREAZIONE DI QUALUNQUE PROFONDITÀ
  - C.02.003.d - CASSEFORME DI TESTATE DEI CONCI



#### 4.1 Caratteristiche tecniche

Per le caratteristiche e l'utilizzo delle **casseforme** si farà riferimento a quanto indicato ai §§ 4.1 e 4.2 delle *"Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo"* pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (febbraio 2008).

Nella progettazione e nella esecuzione delle **armature di sostegno** delle centinature e delle attrezzature di costruzione, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tranvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprassuolo o di sottosuolo

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

È prescritto l'uso di **casseforme metalliche** o di **materiali fibro-compresi** o **compensati**; in ogni caso, esse dovranno avere dimensioni e spessori sufficienti ad essere opportunamente irrigidite o controventate, per assicurare l'ottima riuscita delle superfici dei getti e delle opere e la loro perfetta rispondenza ai disegni di progetto.

Nel caso di eventuale utilizzo di **casseforme in legno**, l'Impresa dovrà curare che le stesse siano eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate, in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto.

I prodotti **disarmanti** dovranno essere conformi alla normativa vigente (fino a nuova pubblicazione fare riferimento alla UNI 8866, ritirata senza sostituzione).



## 5 MALTE E CALCESTRUZZI DA RIPRISTINO STRUTTURALE E PROTEZIONE

### Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- B.09.215 MALTE PRECONFEZIONATE ADDITIVATE CON POLIMERI
  - B.09.215.a - SPESSORE MINIMO 2 MM
  - B.09.215.b - SPESSORE DA 3 MM A 6 MM
  - B.09.215.c - SPESSORE DA 7 MM A 10 MM
- B.09.220 MALTE PREMISCELATE
- B.09.220.1 TIXOTROPICA BICOMPONENTE ADDITIVATA CON POLIMERI
  - B.09.220.1.a - FINO AD UNO SPESSORE MAX DI CM 2
  - B.09.220.1.b - SOVRAPPREZZO PER OGNI CENTIMETRO IN PIÙ
- B.09.220.2 TIXOTROPICA FIBRORINFORZATA CON FIBRE INORGANICHE
  - B.09.220.2.a - FINO AD UNO SPESSORE MAX DI CM 2
  - B.09.220.2.b - SOVRAPPREZZO PER OGNI CENTIMETRO IN PIÙ
- B.09.220.3 COLABILE RINFORZATA CON FIBRE INORGANICHE
- B.09.220.4 COLABILE RINFORZATA CON FIBRE IN ACCIAIO
- B.09.230 UTILIZZO DI BETONCINO
  - B.09.230.a - COLABILE ESPANSIVO PRERMISCELATO
  - B.09.230.b - COLABILE ESPANSIVO PRERMISCELATO RINFORZATO CON FIBRE IN ACCIAIO
  - B.09.230.c - COLABILE ESPANSIVO PRERMISCELATO RINFORZATO CON FIBRE IN ACCIAIO RCK  $\geq$  85 MPA
- B.09.260 CLS A RITIRO COMPENSATO PREMISCELATO, CONSISTENZA S4/S5
  - B.09.260.a - RCK  $\geq$  45 MPA E AGGREGATI
  - B.09.260.b - RCK  $\geq$  65 MPA E AGGREGATI RINFORZATO CON FIBRE SINTETICHE
  - B.09.260.c - RCK  $\geq$  65 MPA E AGGREGATI RINFORZATO CON FIBRE IN ACCIAIO
- B.09.305 COLABILE PREMISCELATO CON FIBRE DI ACCIAIO
  - B.09.305.a - MALTA
  - B.09.305.b - BETONCINO

### 5.1 Caratteristiche tecniche

Per quanto riguarda gli interventi adeguamento, miglioramento o riparazione ed intervento locale trovano impiego le **malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione**.

Dovendo ripristinare o incrementare la **durabilità** della struttura degradata alle classi di esposizione previste nella UNI EN 206 e UNI 11104, in assenza di rivestimenti impermeabili, i prodotti da ripristino a base cementizia dovranno rispettare, in termini di resistenza meccanica,



quanto previsto da suddette norme. Pertanto, per una durabilità fino a 50 anni, si dovranno garantire **classi di resistenza minime** da 30 a 45 MPa in funzione della **classe di esposizione** ambientale. Per lo **spessore del copriferro** da ripristinare varrà quanto già indicato al successivo par. 2.1.

Nel caso di **prodotti a base cementizia**, uno dei requisiti fondamentali è l'espansione contrastata in aria (vedi successivo par. 13.3.11.6) garantita dall'impiego di agenti espansivi non metallici (vedi successivo par. 13.1.6), solitamente combinati con additivi antiritiro (vedi successivo par. 13.1.5) e microfibre sintetiche (ad esempio: poliacrilonitrile), per contrastare le fessure in fase plastica.

Nel caso di prodotti in cui sia necessario incrementare la resistenza a trazione in fase *post* fessurativa e la duttilità del materiale, si ricorre all'impiego di prodotti fibrorinforzati con macrofibre (tipicamente 20-40 mm), in acciaio o polimeriche, ad elevata resistenza ed alto modulo elastico (es. PVA o poliestere).

Nella seguente Tabella 7 vengono sintetizzate le combinazioni delle varie categorie di prodotto (boiacche, malte, betoncini e calcestruzzi) ed il metodo di messa in opera in funzione dello spessore da ripristinare.

Tabella 7: **Categoria e tecnica di applicazione dei prodotti da ripristino in funzione dello spessore da ripristinare**

		DEGRADO													
		Lieve			Medio				Profondo					Molto profondo	
Spessore ripristino (mm)		1	3	8	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	>100
TECNICHE APPLICAZIONE	Iniezione	Boiacche cementizie e formulati con resine													
	Rasatura	Malte fini tixotropiche													
	Spruzzo o rinzafo				Malte tixotropiche										
	Colaggio				Malte colabili				Betoncini colabili						
													Calcestruzzi (S4)-S5 vibrati o SCC colato		

NOTE alla Tabella 7





**Boiacche:** solo legante e filler; **Malte fini:**  $D_{max}$  fino a 2 mm; **Malte:**  $D_{max}$  fino a 4-6 mm

**Betoncini:**  $D_{max}$  fino a 16 mm; **Calcestruzzi:**  $D_{max} < \frac{1}{4}$  sp da ripristinare.

Le **malte premiscelate da ripristino e protezione** hanno requisiti prestazionali sintetizzati nelle Tabelle A.10.1 e A.10.2 di cui all'ALLEGATO 10 par. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

I **calcestruzzi da ripristino** rientrano nella categoria dei conglomerati non premiscelati con  $D_{max} > 6\text{mm}$  (betoncini e calcestruzzi) da utilizzare con funzione di ripristino strutturale e della durabilità.

Nel caso di riparazione o adeguamento di strutture esistenti, laddove non sia possibile garantire un **copriferro** adeguato, per spessore e caratteristiche, alla classe di esposizione ambientale ed alla vita utile di servizio dell'opera, è possibile ricorrere all'impiego di **sistemi di protezione delle armature metalliche contro la corrosione**, in forma di **vernici resinose o boiacche cementizie additivate**, da applicare sulla superficie delle barre esistenti e/o di quelle aggiunte.

## 6 ACCETTAZIONE E CONTROLLI

### 6.1 Controllo delle certificazioni per materie prime e prodotti

I materiali ed i prodotti per uso strutturale utilizzati per la realizzazione di opere in c.a. e c.a.p. devono rispondere ai requisiti indicati al § 11.1 del D.M. 14/01/2008.

In particolare, per i materiali e **prodotti recanti la Marcatura CE**, sarà onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marcatura stessa e richiedere ad ogni fornitore, per ogni diverso prodotto, il Certificato, ovvero Dichiarazione di Conformità alla parte armonizzata della specifica norma europea, ovvero allo specifico Benestare Tecnico Europeo, per quanto applicabile.

Al paragrafo 13.1 sono riportate le tabelle che sintetizzano i requisiti di prodotto richiesti per le varie materie prime utilizzate (cementi, aggiunte minerali, aggregati, acqua, additivi, agenti espansivi, fibre)

Sarà inoltre onere del Direttore dei Lavori verificare che tali prodotti rientrino nelle tipologie, classi e/o famiglie previsti nella detta documentazione.



Per i **prodotti non recanti la Marcatura CE**, il Direttore dei Lavori dovrà accertarsi del possesso e del regime di validità dell'Attestato di Qualificazione (caso B) o del Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego (caso C), rilasciato del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Ad eccezione di quelli in possesso di Marcatura CE, possono essere impiegati materiali o prodotti conformi ad altre specifiche tecniche, qualora dette specifiche garantiscano un livello di sicurezza equivalente a quello previsto nelle presenti norme. Tale equivalenza sarà accertata attraverso procedure all'uopo stabilite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, sentito lo stesso Consiglio Superiore.

## 6.2 Prequalifica e qualifica

### 6.2.1 Prequalifica e qualifica dei conglomerati cementizi

In accordo al D.M. 14/01/2008, per la produzione dei conglomerati cementizi si possono configurare due differenti possibilità:

- **calcestruzzo prodotto senza processo industrializzato;**
- **calcestruzzo prodotto con processo industrializzato.**

#### 6.2.1.1 *Calcestruzzo prodotto senza processo industrializzato*

Tale situazione si configura unicamente nella produzione di quantitativi di miscele omogenee inferiori ai 1.500 m<sup>3</sup>, effettuate direttamente in cantiere mediante processi di produzione temporanei e non industrializzati.

In tal caso, la produzione deve avvenire sotto la diretta responsabilità dell'Impresa e con la diretta vigilanza della Direzione dei Lavori.

#### a) Prove di prequalifica

L'Impresa è tenuta ad effettuare la qualificazione iniziale (**prequalifica**) delle miscele per mezzo della "**valutazione preliminare della resistenza**" (§ 11.2.3 del D.M. 14/01/2008) prima dell'inizio della costruzione dell'opera, attraverso idonee prove preliminari atte ad accertare la resistenza caratteristica per ciascuna miscela omogenea di conglomerato che sarà utilizzata per la



costruzione dell'opera (indicata nella tabella di cui al succitato § 14.1 "Allegato 1 CONTROLLI SUL CEMENTO").

La qualificazione iniziale di tutte le miscele utilizzate deve effettuarsi per mezzo di prove certificate da parte dei **laboratori accreditati** (rif. par. 6.4).

Nella **relazione di prequalifica**, l'Impresa dovrà fare esplicito riferimento a:

- materiali che si intendono utilizzare, indicandone provenienza, tipo e qualità;
- documentazione comprovante la marcatura CE dei materiali costituenti o altra certificazione volontaria del produttore e relative schede tecniche;
- massa volumica reale s.s.a. ed assorbimento, per ogni classe di aggregato, valutati secondo la Norma UNI EN 1097;
- diametro nominale massimo degli aggregati e studio granulometrico secondo UNI EN 933/1,2;
- tipo, classe e dosaggio del cemento;
- rapporto acqua-cemento;
- massa volumica del calcestruzzo fresco secondo UNI EN 12350/6 e calcolo della resa;
- classe di esposizione ambientale cui è destinata la miscela secondo UNI EN 206 e UNI 11104;
- tipo e dosaggio degli eventuali additivi;
- contenuto di aria della miscela valutata secondo UNI EN 12350/6;
- proporzionamento analitico della miscela e resa volumetrica;
- classe di consistenza del calcestruzzo da asciutta a superfluida valutata secondo UNI EN 12350/1 con i tre metodi delle UNI EN 12350/2,3,4 a seconda del livello di lavorabilità della miscela. Per i calcestruzzi auto-compattanti la consistenza verrà valutata con i metodi previsti nelle UNI EN 12350/9,10,11,12;
- condizioni di stagionatura utilizzate per specifiche verifiche;
- la preparazione, la forma, le dimensioni e la stagionatura dei provini di calcestruzzo secondo UNI EN 12390-1 e UNI EN 12390-2, ovvero altre per specifiche verifiche (es. con temperature analoghe a quelle previste in sito);
- resistenza caratteristica a compressione a 28 giorni ( $R_{ck}$ ), secondo UNI EN 12390-3 e UNI EN 12390-4;
- curve di resistenza nel tempo (con misure a 2, 7, 14 e 28 giorni, salvo indicazioni differenti da parte della Direzione Lavori);
- caratteristiche dell'impianto di confezionamento e stato delle tarature;
- sistemi di trasporto, di posa in opera e maturazione dei getti.

NOTA Seguendo le indicazioni previste nell'appendice A dalla UNI EN 206/1 relativamente alle prove iniziali, la valutazione della classe di consistenza e della resistenza media a compressione a



28 giorni dovrà essere ripetuta su tre diversi impasti. Il valor medio dei tre prelievi (ciascuno di tre provini) dovrà soddisfare le seguenti relazioni:

- $R_{i \min} > R_{ck}$
- $R_{cm} > R_{ck} + k$

con  $k$  pari al doppio dello scarto atteso in produzione e, quindi, usualmente compreso tra 6 e  $12 \text{ N/mm}^2$  (in assenza di previsioni sullo scarto di produzione, si assumerà il valore più alto pari a  $12 \text{ N/mm}^2$ ).

I limiti di accettazione per le varie proprietà sono indicati nella tabella riportata al succitato § 14.9 "Allegato 9 CONTROLLI SULLE MISCELE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO ."

La relazione di prequalifica, per ogni classe di conglomerato cementizio che figura nella tabella di cui al citato Allegato 1, dovrà essere sottoposta all'esame della Direzione dei Lavori almeno 30 giorni prima dell'inizio dei relativi getti.

#### **b) Prove di qualifica presso l'impianto**

La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei getti di conglomerato cementizio solo dopo aver esaminato ed approvato detta relazione di prequalifica e dopo aver effettuato in impianto di produzione, in contraddittorio con l'Impresa, tre impasti di prova del calcestruzzo per la verifica dei requisiti di cui alla nella tabella riportata nel succitato Allegato 9 al § 14.9 (prove di qualifica).

Anche l'attività di qualifica dovrà essere effettuata per mezzo di prove certificate da parte dei **laboratori accreditati** (rif. par. 6.4 ).

I laboratori, il numero dei campioni e le modalità di prova saranno quelli indicati dalla Direzione Lavori.

Salvo diversa richiesta della Direzione Lavori, le verifiche previste sulle materie prime nella fase di qualifica sono riportate nelle tabelle dei succitati Allegati da 1 ( par. 14.1 a 14.8) , mentre quelle previste sui calcestruzzi sono riportate nella tabella di cui al già citato Allegato 9 (par14.9).

La verifica sarà completa su una miscela, mentre sulle altre due ripetizioni sarà limitata solo alla verifica delle proprietà principali di cui ai successivi punti 1, 2 e 3.

Le miscele verranno autorizzate solo se:



1. la **classe di consistenza** risulti conforme alla classe richiesta per almeno 60' (salvo richieste aggiuntive in relazione ai tempi di trasporto di cui al successivo par.7.2), con una tolleranza di  $\pm 20$ mm tra un impasto e l'altro, di consistenza all'interno della classe
2. la **resistenza a compressione** media per ciascun tipo di conglomerato cementizio, misurata alle stesse stagionature delle prove di prequalifica sui provini prelevati dai tre impasti della prova di qualifica in impianto di confezionamento, non si discosti di  $\pm 10\%$  dal valore indicato nella relazione di prequalifica
3. Il valore della **massa volumica** del calcestruzzo fresco non si discosti di più del  $\pm 3\%$  da quello nominale impostato a seguito della prequalifica
4. Il **rapporto acqua-cemento** determinato secondo le modalità descritte al precedente par.13.1.4 non si discosti di più 0,03 da quello di prequalifica
5. I valori medi degli altri requisiti aggiuntivi di cui al successivo par. 13.3.11 eventualmente previsti rispettino i limiti di progetto.

I **limiti di accettazione** per le varie proprietà sono indicati nella tabella riportata nel succitato 14.9 "Allegato 9. "

In conformità al § 11.2.3 del D.M. 14/01/2008, si ribadisce che la responsabilità della qualità finale del calcestruzzo, che sarà controllata dalla Direzione Lavori secondo le procedure di cui al successivo par. 6.3.1 , resta comunque in capo all'Impresa.

NOTA Caratteristiche dei materiali e composizione degli impasti, definite in sede di prequalifica e verificate in sede di qualifica, non potranno essere modificati in corso d'opera salvo deroghe eccezionali convenute con la Direzione Lavori. Qualora, eccezionalmente, si prevedesse una variazione dei materiali, la procedura di qualifica dovrà essere ripetuta.

#### *6.2.1.2 Calcestruzzo prodotto con processo industrializzato*

Tale situazione è contemplata dal D.M. 14/01/2008 al § 11.2.8, dove si definisce come calcestruzzo prodotto con processo industrializzato il conglomerato realizzato mediante impianti, strutture e tecniche organizzate **sia all'interno del cantiere che in uno stabilimento esterno al cantiere stesso.**



Di conseguenza, in questa fattispecie rientrano, a loro volta, due tipologie di produzione del calcestruzzo, vale a dire:

- calcestruzzo prodotto in impianti industrializzati fissi esterni al cantiere (impianti di preconfezionamento o di prefabbricazione);
- calcestruzzo prodotto in impianti industrializzati installati nei cantieri (temporanei)

In questi casi, gli impianti devono essere idonei ad una produzione costante, disporre di apparecchiature adeguate per il confezionamento, nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e correggere la qualità del prodotto.

Al fine di contribuire a garantire quest'ultimo punto, gli impianti devono essere dotati di un sistema di controllo permanente della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dal D.M. 14/01/2008 e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.

NOTA Tale sistema di controllo, chiamato "**controllo della produzione in fabbrica**" (FPC), deve essere riferito a ciascun impianto ed è sostanzialmente differente dall'ordinario sistema di gestione della qualità aziendale al quale, tuttavia, può essere affiancato.

Il sistema di controllo dovrà essere certificato da un organismo terzo indipendente di adeguata competenza e organizzazione, autorizzato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e che operi in coerenza con la UNI EN 45012. Quale riferimento per tale certificazione devono essere prese le Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato, edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, allo scopo di ottenere un calcestruzzo di adeguate caratteristiche reologiche, chimiche e meccaniche.

Il sistema di **controllo della produzione in fabbrica** dovrà comprendere le prove di autocontrollo, effettuate a cura del produttore secondo quanto previsto dalle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato. L'organismo di certificazione, nell'ambito dell'ispezione delle singole unità produttive, procederà a verificare anche i laboratori utilizzati per le prove di autocontrollo interno. In virtù di tale verifica e sorveglianza del controllo di produzione, le prove di autocontrollo della produzione sono sostitutive di quelle di prequalifica effettuate presso i laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

L'Impresa dovrà comunque consegnare alla Direzione Lavori, prima dell'inizio dei getti, copia del **dossier di prequalifica** (basato sulle prove di autocontrollo di produzione) della miscela o delle miscele di calcestruzzo che verranno impiegate e dell'attestato di certificazione del sistema di controllo di produzione in fabbrica; qualora le forniture provengano da impianti di preconfezionamento esterni al cantiere ed estranei all'Impresa, quest'ultima sarà tenuta a richiedere copia dei documenti di cui sopra al produttore di calcestruzzo.



La Direzione Lavori verificherà, quindi, che i documenti accompagnatori di ciascuna fornitura in cantiere riportino gli estremi della certificazione del sistema di controllo della produzione.

Salvo specifica deroga da parte della Direzione dei Lavori, è richiesta, in contraddittorio con l'impresa, la **qualifica** delle miscele presso l'impianto di confezionamento con prove già descritte in 6.2.1.1 b) certificate da parte dei **laboratori accreditati** (rif. par. 6.4).

Oltre alle prove di qualifica, saranno obbligatorie **anche prove di prequalifica** come in 6.2.1.1 a) certificate da laboratorio accreditato.

#### 6.2.1.3 Qualifica dei calcestruzzi speciali

Relativamente a tutti i **calcestruzzi speciali**, di cui al § 2.2.1, anche se prodotti in impianto dotato di certificazione del processo produttivo cui al precedente par. 6.2.1.2, dovranno essere sottoposti a prove di qualifica da parte di **laboratori accreditati** (rif. par. 6.4) verificando, oltre a quanto descritto al precedente par. 6.2.1.1 b), anche i seguenti requisiti aggiuntivi:

- a) Nel caso dei **calcestruzzi a ritiro compensato** - in fase di prequalifica - andrà anche verificata l'efficacia dell'agente espansivo in eventuale combinazione con un agente antiritiro ed alle temperature critiche ipotizzate nel periodo di getto secondo il metodo della UNI 8148 riportato al § 13.1.6. È noto, infatti, che con temperature calde (sopra i 30°C) l'efficacia dell'espansivo viene ridotta, a causa della rapida reazione dello stesso quando il calcestruzzo è ancora in fase plastica mentre, viceversa, con climi molto freddi il ritardo nell'indurimento non permette di sfruttare a pieno il contrasto delle armature. In questi casi, andranno quindi ottimizzati sia il dosaggio dell'agente espansivo sia quello degli additivi regolatore di presa, nonché l'eventuale prolungamento della stagionatura umida del calcestruzzo.

NOTA Si precisa che la UNI 8148 non prevede dei limiti di accettazione, che andranno altresì definiti in base alle specifiche esigenze di progetto. In funzione del sistema espansivo adottato (ad esempio, a base ossido di calcio o solfo alluminato tetra calcico) il dosaggio di prodotto e l'espansione a breve termine andranno verificate in modo da garantire un ritiro nullo a 90 giorni. In via puramente indicativa, possono essere considerati i seguenti **limiti di riferimento**: a 1 giorno  $\geq 400 \mu\text{m/m}$ ; a 7 giorni  $\geq 200 \mu\text{m/m}$ ; a 28 giorni  $\geq 100 \mu\text{m/m}$ ; a 90 giorni  $\geq 0 \mu\text{m/m}$ .

- b) Nel caso dei **calcestruzzi fibro-rinforzati** questi dovranno rispondere a quanto riportato nella norma tecnica UNI 11039: "Calcestruzzo rinforzato con fibre d'acciaio; Parte I: Definizioni, classificazione e designazione" ed essere caratterizzati secondo UNI 11039 "Parte II: Metodo di prova per la determinazione della resistenza di prima fessurazione e degli indici di



duttilità", ovvero secondo UNI EN 14651, menzionate al par. 13.3.11.2. Nelle prove di prequalifica e qualifica, dovrà essere determinata la **resistenza a trazione residua per lo stato limite di esercizio** ( $f_{r1k}$ ) e quella **per lo stato limite ultimo** ( $f_{r3k}$ ) secondo le norme sopra specificate.

Nel caso in cui il calcestruzzo fibro-rinforzato abbia comportamento a trazione di tipo incrudente, i controlli allo stato indurito si limiteranno alla verifica della resistenza a flessione a trazione secondo UNI EN 12390/7, con rilievo del grafico sforzo-deformazione nella mezzeria.

NOTA Per le tipologie dei **calcestruzzi fibro-rinforzati** rientranti anche nella categoria di calcestruzzi **a ritiro compensato**, vale in aggiunta quanto riportato al precedente punto a)

- c) Per i **calcestruzzi leggeri per uso strutturale e non** relativamente ai requisiti relativi alle altre materie prime, alle classi di durabilità, i controlli di produzione ed in corso d'opera, vale quanto già definito ai capitoli precedenti per i calcestruzzi di peso normale. Tra i requisiti aggiuntivi da verificare (di cui al par. 13.3.11), particolare attenzione meritano quelli legati alla omogeneità e stabilità della miscela allo stato fresco ed alla deformabilità del materiale allo stato indurito (ritiro, deformazione viscosa e modulo elastico).
- d) I **calcestruzzi proiettati** di tipo strutturale permanente (qualsiasi sia la destinazione d'uso) dovranno essere sottoposti, con adeguato anticipo rispetto alla data prevista per l'inizio dei lavori, ad un procedimento di prequalifica e di qualifica, così come di seguito dettagliato.

Il progettista ed il Direttore dei Lavori potranno decidere se richiedere una prequalifica e/o una qualifica preliminari all'impiego di calcestruzzi proiettati, per impieghi di tipo non strutturale o strutturale temporaneo. La fase di qualifica dovrà consistere dalla realizzazione di un campo di prova con l'esecuzione di un simulacro del manufatto da realizzare, impiegando le stesse attrezzature e manodopera e operando in condizioni analoghe a quelle previste per l'applicazione reale.

In occasione della realizzazione del simulacro, verranno verificate l'attitudine della miscela che si intende impiegare ad essere applicata mediante proiezione, l'idoneità dell'attrezzatura che si intende impiegare e le modalità di proiezione; inoltre, verranno verificate le principali prestazioni del conglomerato proiettato misurate sia su pannelli di prova appositamente prodotti come descritto al § 5.4 della UNI EN 14488-1, sia sul simulacro realizzato.

I prelievi dovranno essere eseguiti con le modalità indicate ai § 5.6 e 5.7 della UNI EN 14488-1; in particolare, si procederà a misurare le seguenti grandezze:





- classe di consistenza del calcestruzzo proiettato di riferimento;
- massa volumica e aria inglobata nel del calcestruzzo proiettato di riferimento;
- dosaggio degli additivi impiegati per la proiezione;
- eventuale dosaggio di fibre;
- verifica dello sfrido;
- resistenza meccanica del calcestruzzo giovane mediante i metodi A e B della UNI EN 14488-2 (se richiesto in progetto);
- resistenza meccanica a compressione (secondo UNI EN 12504-1 su carote estratte dal simulacro e dai pannelli di prova);
- massa volumica del calcestruzzo indurito (secondo UNI EN 12350-6 sulle carote estratte dal simulacro e dai pannelli di prova);
- resistenza a flessione di primo picco, ultima e residua secondo UNI EN 14488-3 (se richieste in progetto e applicabili);
- aderenza per trazione diretta secondo UNI EN 14488-4 (se richiesta in progetto e applicabile)
- capacità di assorbimento di energia secondo UNI EN 14488-5 (se richiesta in progetto e applicabile);
- spessore di calcestruzzo sul supporto secondo UNI EN 14488-6;
- contenuto di fibre secondo UNI EN 14488-5 (se applicabile)

I valori ottenuti dovranno essere confrontati con quelli specificati nel progetto, sulla base dei criteri di conformità riportati al § 7.5 della UNI EN 14487-1.

NOTA In particolare, in fase di qualifica si dovrà verificare l'entità della riduzione delle prestazioni meccaniche alle medie e lunghe stagionature del calcestruzzo con additivi acceleranti di presa e di indurimento rispetto ai valori attesi nella miscela di riferimento senza accelerante. proiezione. Anche dopo le riduzioni rispetto al conglomerato di riferimento, la resistenza a compressione a 28 giorni del conglomerato con additivo accelerante dovrà essere conforme alle specifiche di progetto.



NOTA La **non conformità** di un solo dei parametri sopra elencati comporterà l'esecuzione di una nuova qualifica, eseguita su una miscela adeguatamente modificata.

I risultati delle prove di resistenza meccanica sul calcestruzzo giovane e di massa volumica delle carote, inoltre, serviranno come riferimento per valutare i risultati delle stesse prove durante i controlli in corso d'opera.

NOTA L'accettazione di valori in deroga a quelli specificati è subordinata alla dichiarazione di adeguate garanzie di tipo prestazionale, che saranno quindi soggette a verifica da parte della Direzione Lavori.

NOTA La documentazione fornita non esime comunque il fornitore dall'obbligo di eseguire ulteriori prove ed a presentare la relativa documentazione, qualora ANAS le ritenesse necessarie per le esigenze dell'appalto. L'impresa esecutrice, se diversa dal fornitore, resta comunque totalmente responsabile della qualità dell'opera eseguita, anche per quanto possa dipendere dalla effettiva qualità dei materiali stessi.

#### 6.2.2 Qualifica delle malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione

Le **malte da ripristino strutturale e protezione** dovranno essere marcate CE secondo la serie di norme UNI EN 1504 - "Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità"; in particolare si farà riferimento alle seguenti norme:

- UNI EN 1504-3: per Prodotti da riparazione strutturale e non;
- UNI EN 1504-2: per prodotti per la protezione superficiale;
- UNI EN 1504-5 per i prodotti da iniezione.

Nelle Tabelle A.10.1 e A.9.2 di cui all'ALLEGATO 10 § **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** vengono segnalate le proprietà per le quali si ritiene raccomandabile una verifica in qualifica ed in accettazione della fornitura.



Essendo le **malte premiscelate** in questione prodotti dotati di marcatura CE obbligatoria, le **prove di prequalifica e qualifica** si intendono sostituite dalle prove del controllo del processo produttivo certificato da Ente terzo notificato.

Tuttavia, è facoltà della Direzione Lavori richiedere la verifica sia con prove di laboratorio che con prove applicative in opera, in contraddittorio con l'Impresa, alcune proprietà principali (ad esempio, l'adesione al calcestruzzo del substrato o la stabilità dimensionale della malta), sia in fase qualifica che in fase di controllo di accettazione.

Per i **calcestruzzi da ripristino**, oltre a valere le condizioni di cui ai precedenti paragrafi indicati per i calcestruzzi ordinari, le prove di **prequalifica e di qualifica** dovranno contenere la certificazione di proprietà specifiche, analoghe a quelle richieste nella marcatura CE di malte premiscelate di cui sopra, quali ad esempio l'adesione al substrato, l'espansione contrastata, la penetrazione dei cloruri e dell'anidride carbonica, nonché la resistenza al gelo in base alla classe di esposizione a cui sono destinati.

Nella Tabella A.10.3 di cui al succitato Allegato 10 vengono riportati i controlli aggiuntivi (rispetto a quelli già indicati nella tabella riportata nel già citato Allegato 8) richiesti per questa categoria di calcestruzzi in fase di qualifica.

Relativamente ai **sistemi di protezione delle armature metalliche contro la corrosione**, in forma di vernici resinose o boiacche cementizie additivate, da applicare sulla superficie delle barre esistenti e/o di quelle aggiunte i suddetti prodotti dovranno essere dotati di marcatura CE ai sensi della UNI EN 1504-7.

### 6.2.3 Qualifica degli acciai

L'**acciaio** deve essere qualificato all'origine, deve portare impresso, come prescritto dalle suddette norme, il marchio indelebile che lo renda costantemente riconoscibile e riconducibile inequivocabilmente allo stabilimento di produzione.

NOTA Si precisa che per tutte le **forniture dichiarate non idonee** (e conseguentemente rifiutate) dalla Direzione dei Lavori, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese all'allontanamento dal cantiere ed al rimpiazzo con nuove forniture.



#### 6.2.3.1 Acciaio per c.a.

**In cantiere è ammessa esclusivamente la fornitura e l'impiego di acciai saldabili B450C e B450A ad aderenza migliorata qualificati** secondo le procedure indicate nel D.M. 14/01/2008 al § 11.3.1.6 e **controllati** con le modalità riportate nei §§ 11.3.2.10 e 11.3.2.11 del citato decreto.

Tutte le forniture di acciaio provenienti dai centri di trasformazione devono essere accompagnate da copia dell'“**Attestato di Qualificazione**”, rilasciato dal Consiglio Superiore dei LL.PP. - Servizio Tecnico Centrale.

I **centri di trasformazione** sono impianti esterni alla fabbrica ed al cantiere, fissi o mobili, che ricevono dal produttore di acciaio elementi base (barre o rotoli, reti, lamiere o profilati, profilati cavi, ecc.) e confezionano elementi strutturali direttamente impiegabili in cantiere (staffe, ferri piegati, gabbie, ecc.), pronti per la messa in opera o per successive ulteriori lavorazioni. Tali centri devono possedere i **requisiti** ed operare in conformità alle **disposizioni** dei §§ 11.3.1.7 e 11.3.2.10.3 del D.M. 14/01/2008.

Per i prodotti provenienti dai centri di trasformazione, è necessaria la **documentazione** atta ad assicurare che le lavorazioni effettuate non hanno alterato le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti previste dal D.M. 14/01/2008.

Inoltre, dovrà essere fornita alla Direzione dei Lavori la seguente **documentazione aggiuntiva**:

- certificato di collaudo tipo 3.1 in conformità alla norma UNI EN 10204;
- certificato Sistema Gestione Qualità UNI EN ISO 9001;
- certificato Sistema Gestione Ambientale UNI EN ISO 14001;
- dichiarazione di conformità al controllo radiometrico (che può anche essere inserita nel certificato di collaudo tipo 3.1);
- polizza assicurativa per danni derivanti dal prodotto.

NOTA Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio dovranno essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante o trasformatore intermedio. In quest'ultimo caso, per gli elementi presaldati, presagomati o preassemblati, in aggiunta agli



“Attestati di Qualificazione”, dovranno essere consegnati i certificati delle prove fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione. Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore intermedio devono essere dotati di una specifica marcatura, che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso, in aggiunta alla marcatura del prodotto di origine.

Per le **barre in acciaio zincato o inossidabile per c.a.**, relativamente all'accettazione delle forniture, si procederà come per gli acciai ordinari.

Per le **barre in acciaio zincato** il produttore, oltre alla documentazione sopra richiesta, per ogni fornitura, dovrà presentare la certificazione attestante che la zincatura è stata realizzata secondo le specifiche che precedono. La Direzione Lavori si riserva di effettuare controlli presso lo stabilimento dove viene effettuato il trattamento di zincatura.

La Direzione dei Lavori, prima della messa in opera, provvederà a verificare quanto sopra indicato; in particolare, controllerà la rispondenza tra la marcatura riportata sull'acciaio con quella riportata sui certificati consegnati. La mancata marcatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile e pertanto le forniture saranno rifiutate.

#### 6.2.3.2 Acciaio per c.a.p.

È ammesso esclusivamente l'impiego di **acciai per c.a.p.** qualificati secondo le procedure di cui al § 11.3.1.2 del D.M. 14/01/2008 e controllati (in stabilimento, nei centri di trasformazione e in cantiere) con le modalità riportate nel § 11.3.3.5 del succitato D.M.

Tutte le forniture di **fili, barre e trefoli** dovranno essere accompagnate da copia in corso di validità dell'“**Attestato di Qualificazione**” rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale e dovranno essere **munite di un sigillo** sulle legature con il marchio del produttore.

### 6.3 Controlli in corso d'opera

#### 6.3.1 Controlli in corso d'opera sui conglomerati cementizi



#### 6.3.1.1 *Controlli di accettazione sui conglomerati cementizi*

La Direzione dei Lavori eseguirà i **controlli di accettazione**, secondo le modalità e la frequenza indicate ai §§ 11.2.2, 11.2.4 e 11.2.5 del D.M. 14/01/2008, su miscele omogenee di conglomerato come definite al § 11.2.1 del citato Decreto.

Il **prelievo di calcestruzzo** dovrà essere sempre eseguito alla presenza di un incaricato della Direzione dei Lavori il quale, prima di accettare la fornitura e di procedere con i prelievi, dovrà:

- verificare, dal documento di consegna, l'ora di carico e di prevista consegna del calcestruzzo ed accertarsi che l'organizzazione data allo scarico ed alla messa in opera consenta il rispetto dei tempi indicati al successivo par. 7.2
- verificare che gli elementi contenuti nel documento di consegna di cui al successivo par.7.2 siano conformi alle prescrizioni richieste e respingere il carico in caso di loro mancata corrispondenza;
- controllare che il tipo ed il diametro massimo dell'aggregato corrispondano a quanto richiesto e, in caso di difformità, respingere il carico;
- controllare che la consistenza del calcestruzzo consegnato sia corrispondente a quanto richiesto e specificato sul documento di consegna, ovvero respingere il carico ove essa risultasse di classe diversa.

Il prelievo del conglomerato per i controlli di accettazione si deve eseguire all'uscita della betoniera (non prima di aver scaricato almeno 0.3 m<sup>3</sup> di conglomerato e possibilmente a metà del carico), conducendo tutte le operazioni in conformità con le prescrizioni indicate nel D.M. 14/01/2008 e nella norma UNI-EN 206.

Il **numero e la tipologia dei controlli di accettazione** relativi alla classe di resistenza sarà conforme alle due tipologie previste al § 11.2.5 del D.M. 14/01/2008, vale a dire:

- **Tipo A** (impiegato soltanto quando siano previsti quantitativi di miscela omogenea inferiori ai 1500 m<sup>3</sup>);
- **Tipo B**.



In particolare, i **campioni** di calcestruzzo devono essere preparati con **casseforme** rispondenti alla norma UNI EN 12390-1, confezionati e stagionati secondo le indicazioni riportate nella norma UNI EN 12390-2 e provati presso un laboratorio Ufficiale (autorizzato dal Min. dei LL.PP: per prove secondo legge 106 secondo L. 1086/'71 - DPR 380/'01 - circ. 7617/STC '10), secondo la UNI EN 12390-3. Le casseforme devono essere realizzate con materiali rigidi; al fine di prevenire deformazioni durante le operazioni di preparazione dei provini, devono essere a tenuta stagna e non assorbenti. La geometria delle casseforme deve essere **cubica**, di lato pari a 150 mm, ovvero **cilindrica** con diametro pari a 150 mm ed altezza pari a 300 mm.

Sulla superficie dei provini sarà applicata (annegandola nel calcestruzzo) un'**etichetta** di plastica/cartoncino rigido, sulla quale verrà riportata l'identificazione del campione con inchiostro indelebile; l'etichetta sarà siglata dalla Direzione Lavori al momento del confezionamento dei provini.

Inoltre, la superficie dei provini dovrà essere protetta con apposito coperchio o pellicola plastica, per evitare l'evaporazione dell'acqua fino al momento dello scasso e del trasferimento in ambiente con UR > 95%.

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

1. **Identificazione del campione:**

- tipo di calcestruzzo e relative classi di consistenza, durabilità, resistenza, cloruri e Dmax;
- numero di provini effettuati;
- codice del prelievo;
- metodo di compattazione adottato;
- numero del documento di trasporto;
- ubicazione del getto per il puntuale riferimento del calcestruzzo messo in opera (ad esempio: muro di sostegno, solaio di copertura, soletta di ponte, ecc.)

2. **Identificazione del cantiere e dell'Impresa appaltatrice**

3. **Data e ora di confezionamento dei provini**

4. **Firma della Direzione Lavori**



Al termine del prelievo, si procederà alla **conservazione dei provini** verranno in adeguate strutture predisposte dall'Impresa; gli stessi saranno appoggiati al di sopra di una superficie orizzontale piana in posizione non soggetta ad urti e vibrazioni.

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

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

Le medesime condizioni dovranno essere garantite dall'impresa nel caso i provini vengano scasserati secondo i tempi sopramenzionati e non inviati immediatamente al laboratorio di prova.

NOTA L'Impresa sarà responsabile delle operazioni di corretta conservazione dei provini campionati e della loro custodia in cantiere prima dell'invio al Laboratorio, nonché del trasporto e della consegna dei provini di calcestruzzo presso detto Laboratorio, unitamente ad una domanda ufficiale di richiesta prove sottoscritta dalla Direzione Lavori, la quale allegherà a tale richiesta, copia del verbale di prelievo.

I **certificati emessi dal Laboratorio Ufficiale** dovranno contenere tutte le informazioni richieste al § 11.2.5.3 del D.M. 14/01/2008.

I limiti di accettazione e la frequenza di verifica delle varie proprietà sono riportati nella tabella di cui al già citato Allegato 9 (par. 14.9).

Qualora la Direzione dei Lavori abbia necessita di **prove complementari** (per esigenze legate alla logistica di cantiere, alla rapida messa in servizio di una struttura o di porzioni di essa o alla messa in tensione dei cavi di precompressione) potrà prescrivere l'ottenimento di un determinato valore della resistenza caratteristica in tempi inferiori ai canonici 28 giorni o a temperature di





maturazione diverse dai 20 °C. In questi casi, oltre al numero di provini previsti per ciascun controllo di accettazione, sarà confezionata un'ulteriore coppia di provini con le medesime modalità, fatta eccezione per le regole di conservazione dei campioni: questi, infatti, saranno maturati in adiacenza alla struttura o all'elemento strutturale per il quale è stato richiesto un valore della resistenza caratteristica a tempi e/o temperature diversi da quelli standard.

NOTA Si specifica che tali prove complementari non potranno, in alcun caso, sostituire i "controlli di accettazione" sopra definiti.

#### 6.3.1.2 *Controllo della resistenza del calcestruzzo messo in opera*

Nel caso in cui uno o più controlli di accettazione non dovessero risultare soddisfatti, oppure sorgano dubbi sulla qualità e rispondenza ai valori di resistenza prescritti del calcestruzzo già messo in opera, la Direzione Lavori procederà al **controllo della resistenza del calcestruzzo messo in opera** attraverso una serie di prove sia distruttive che non distruttive.

NOTA Tali prove, in ogni caso, non devono intendersi sostitutive dei controlli di accettazione (§ 11.2.6 del D.M. 14/01/2008).

Il valor medio (e quello caratteristico) della resistenza del calcestruzzo in opera (definita come resistenza strutturale) è, in genere, inferiore al valor medio (ed a quello caratteristico) della resistenza dei prelievi in fase di getto maturati in laboratorio (definita come resistenza potenziale).

È accettabile un valore caratteristico della **resistenza strutturale** ( $R_{ck, STRUTT}$ ), misurata con le tecniche distruttive e/o non distruttive ritenute più opportune da parte della D.L. e debitamente trasformata in resistenza cilindrica o cubica, **non inferiore all'85% del valore caratteristico definito in fase di progetto** secondo il D.M. 14/01/2008.

Per la modalità di determinazione della resistenza strutturale si farà riferimento alle norme UNI EN 12504-1:2002, UNI EN 12504-2:2001, UNI EN 12504-3:2005, UNI EN 12504-4:2005, nonché alle Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP. e al § C11.2.6 della Circolare esplicativa alle norme tecniche per le costruzioni.

I limiti di accettazione e la frequenza di verifica delle varie proprietà sono sintetizzati nella tabella riportata nell'Allegato 9 già precedentemente citato (par. 14.9).



Le **aree di prova**, da cui devono essere estratti i campioni o sulle quali saranno eseguite le prove non distruttive, devono essere scelte in modo da permettere la valutazione della resistenza meccanica della struttura o di una sua parte interessata all'indagine.

Le aree ed i punti di prova debbono essere preventivamente identificati e selezionati in relazione agli obiettivi; pertanto, si farà riferimento al giornale dei lavori ed eventualmente al registro di contabilità, per identificare correttamente le strutture o porzioni di esse interessate dalle non conformità.

La dimensione e la localizzazione dei punti di prova dipendono dal metodo prescelto, mentre il numero di prove da effettuare dipende dall'affidabilità desiderata nei risultati.

In assenza di altre indicazioni specifiche, per il numero minimo di prove, si potrà far riferimento alla Tabella C8A.1.3a - C8A.1.3b della Appendice C8A delle Circolari esplicative alle norme tecniche delle costruzioni ed alla possibilità, prevista dalla stessa, di sostituire parte delle prove distruttive con metodi non distruttivi opportunamente tarati, come sintetizzato nella tabella di cui all'Allegato 9 già precedentemente citato (par. 14.9).

La definizione e la divisione in regioni di prova, di una struttura, presuppongono che i prelievi o i risultati di una regione appartengano statisticamente e qualitativamente ad una medesima popolazione di calcestruzzo.

Nel caso in cui si voglia valutare la capacità portante di una struttura, le regioni di prova devono essere concentrate nelle zone più sollecitate, mentre nel caso in cui si voglia valutare il tipo o l'entità di un danno, le regioni di prova devono essere concentrate nelle zone dove si è verificato il danno o si suppone sia avvenuto.

Le aree e le superfici di prova vanno predisposte in relazione al tipo di prova che s'intende eseguire, facendo riferimento al fine cui le prove sono destinate, alle specifiche norme di cui sopra, contestualmente alle indicazioni del produttore dello strumento di prova.

In linea di massima e salvo quanto sopra indicato, le aree di prova devono essere prive sia di evidenti difetti (vespai, vuoti, occlusioni, ecc.) che possano inficiare il risultato e la significatività delle prove stesse, sia di materiali estranei al calcestruzzo (intonaci, collanti, impregnanti, ecc.), sia di polvere ed impurità in genere.

L'eventuale presenza di materiale estraneo e/o di anomalie sulla superficie non rimovibili deve essere registrata sul verbale di prelievo e/o di prova.

L'assenza di armatura in corrispondenza dei punti di prova di cui al precedente dovrà essere verificata mediante preliminare indagine pacometrica (riferimento norma BS 1881).



In relazione alla finalità dell'indagine, i punti di prelievo o di prova devono essere localizzati in modo puntuale, qualora si voglia valutare le proprietà di un elemento oggetto d'indagine, o casuale, per valutare una partita di calcestruzzo indipendentemente dalla posizione.

#### 6.3.1.3 Controlli aggiuntivi sui calcestruzzi speciali

Oltre ai controlli generali uguali per tipo e frequenza a quelli previsti per i calcestruzzi ordinari D.M. 14/01/2008, sui calcestruzzi speciali andranno previsti anche i seguenti controlli aggiuntivi:

- a) Nel caso dei **calcestruzzi a ritiro compensato** le misure dell'espansione andranno eseguite con il metodo B della UNI 8148, come già riportato ai paragrafi 6.2.1.3 e 13.1.6
- b) I **calcestruzzi fibro-rinforzati** dovranno essere sottoposto a prove di accettazione in cantiere, secondo quanto previsto nella Tabella 8.1 delle Istruzioni CNR DT 204/2006, che viene di seguito riportata come Tabella 10 del presente Capitolato.

Tabella 10: **Prove durante la produzione di calcestruzzi fibrorinforzati** (secondo DT 204/2006)

Oggetto	Proprietà	Metodo	Frequenza
FRC fresco	Corretta miscelazione e distribuzione omogenea fibre	UNI EN 206	Ogni giorno di getto di miscela omogenea
FRC fresco	Contenuto delle fibre	Peso dopo separazione fibre-matrice UNI EN 14721 (*)	Ogni 50 m <sup>3</sup> di getto di miscela omogenea o almeno 2 controlli al giorno
FRC indurito	Resistenza di prima fessurazione	Appendice A DT 104 → UNI 11039 o UNI EN 12390/7 a 4 punti per FRC incrudente	Appendice B DT 104
FRC indurito	Resistenze equivalenti	Appendice A DT 104	Appendice B DT 104



#### NOTE alla Tabella 10

(\*) Procedura valida solo per fibre metalliche. Per altro tipo di fibre occorre mettere a punto procedura specifica.

La revisione delle NTC (la cui bozza è ancora all'esame del Cons. Sup. dei LL.PP.) dovrebbe prevedere, al nuovo par. 11.2.12, la possibilità di utilizzare i cls fibro-rinforzati con le riduzioni o in assenza di armatura longitudinale e trasversale convenzionale (solo nel caso di FRC a comportamento incrudente) secondo i metodi di calcolo previsti nel DT 204, non solo per interventi di ripristino (cap.12) ma anche per le nuove costruzioni.

- c) Durante l'applicazione dei **calcestruzzi proiettati**, si procederà ad un controllo sistematico dei parametri riportati nei prospetti 10, 11 e 12 della UNI EN 14487-1, nel rispetto della categoria di ispezione prescritta in progetto. La Direzione Lavori potrà richiedere prove aggiuntive, o frequenze maggiori di controllo rispetto a quelle previste nei suddetti prospetti, in qualsiasi caso ne ravveda la necessità, ovvero in seguito al verificarsi di non conformità. Inoltre, nei controlli in corso di esecuzione, la resistenza a compressione ottenuta dovrà risultare non inferiore al 75% di quella misurata sulle carote ricavate dalla piastra confezionata con il calcestruzzo proiettato di riferimento (non inferiore al 90% per acceleranti di presa non alcalini).

#### 6.3.2 Controlli sulle malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione

Per il controllo di qualità delle **malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione** si farà riferimento a quanto previsto in generale dalla UNI EN 1504-10 "Applicazione in opera di prodotti e sistemi e controllo di qualità dei lavori"; in particolare, per l'applicazione si farà riferimento ai seguenti punti della norma UNI EN 1504-10:

- § 7.2 per la preparazione del substrato in calcestruzzo;
- § 7.3 per la preparazione dell'armatura;
- §§ da 8.2.1 a 8.2.4 per l'applicazione a mano, a spruzzo o per colaggio;
- § 8.2.5 per la stagionatura in accordo con UNI EN 13670-1;



- § 8.2.7 per l'applicazione di eventuali trattamenti superficiali di prodotti conformi a UNI EN 1504-3.

Per le specifiche di controllo qualità verranno considerate le indicazioni riportate al prospetto 4 della UNI EN 1504-10 sintetizzate nelle già citate Tabelle A.10.4 e A.10.5 dell'Allegato 10 par. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, relativamente ai soli metodi di rivestimento superficiale, ripristino strutturale e non con malte e calcestruzzo, iniezioni delle fessure.

Per le **malte da ripristino strutturale**, il controllo della resistenza meccanica in cantiere verrà eseguito secondo gli stessi criteri previsti dal D.M. 14/01/2008 per i calcestruzzi ordinari.

Per i **calcestruzzi da ripristino** rientranti anche nella categoria di calcestruzzi a ritiro compensato e/o fibro-rinforzato, vale in aggiunta quanto riportato nel precedente par. 6.2.1.3.

#### 6.3.3 Controlli sugli acciai

La Direzione dei Lavori disporrà all'Impresa di eseguire, a proprie spese e sotto il controllo diretto della stessa D.L., i **controlli** di accettazione sull'acciaio consegnato in cantiere in conformità con le indicazioni contenute:

- per l'**acciaio per c.a.**: nel § 11.3.2.10.4 del D.M. 14/01/2008;
- per l'**acciaio per c.a.p.**: nel § 11.3.3.5 del D.M. 14/01/2008.

Il **campionamento** ed il controllo di accettazione dovrà essere effettuato entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale. All'interno di ciascun lotto (formato da **massimo 30 t**) consegnato e per tre differenti diametri delle barre in essa contenuta, si dovrà procedere al campionamento di tre spezzoni di acciaio, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario, i controlli devono essere estesi agli altri lotti presenti in cantiere e provenienti da altri stabilimenti.

**Non saranno accettati fasci di acciaio contenenti barre di differente marcatura.**

Qualora la fornitura di elementi sagomati o assemblati provenga da un Centro di trasformazione, la Direzione dei Lavori, dopo essersi accertata preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti al § 11.3.1.7 del D.M. 14/01/2008, potrà usufruire del medesimo Centro di trasformazione per effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso, le modalità di controllo sono definite:



- per l'acciaio per c.a.: al § 11.3.2.10.4 del D.M. 14/01/2008;
- per l'acciaio per c.a.p.: al § 11.3.3.5.3 del D.M. 14/01/2008.

**Resta nella discrezionalità della Direzione dei Lavori effettuare tutti gli eventuali ulteriori controlli ritenuti opportuni** (quali, ad esempio indice di aderenza e saldabilità).

Nel caso di **forniture giudicate non conformi** dalla Direzione Lavori, queste saranno immediatamente allontanate dal cantiere a cura e spese dell'Impresa, alla quale sarà altresì imputato l'onere delle nuove forniture.

NOTA Prima di procedere alla messa in opera dei **sistemi di precompressione a cavi post-tesi**, l'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori l'attestazione di deposito presso il Consiglio Superiore dei LL.PP. - Servizio Tecnico Centrale della documentazione prescritta al § 11.5 del D.M. 14/01/2008.

Per i controlli delle **barre in acciaio zincato o inossidabile per c.a.**, in cantiere o nel luogo di lavorazione, nonché per le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova si procederà come per gli acciai ordinari.

In particolare, per le **barre in acciaio zincato** le verifiche saranno condotte per unità di collaudo costituite da partite del peso max di 25 t. Oltre alle prove previste al precedentemente, dovranno essere effettuate anche le prove di seguito descritte, per verificare la rispondenza del trattamento di zincatura alle prescrizioni del successivo par. 13.5. In primo luogo, la Direzione Lavori procederà in contraddittorio con l'Impresa ad una accurata ispezione visiva della partita per accertare lo stato della zincatura. In presenza di zone scoperte o di altre irregolarità superficiali, le forniture saranno rifiutate e l'Impresa dovrà allontanarle dal cantiere a sua cura e spese. Dovrà essere verificato il **peso dello strato di zincatura**, mediante differenza di massa tra il campione zincato e lo stesso dopo la dissoluzione dello strato di zincatura (metodo secondo *Aupperle*), secondo la Norma UNI EN ISO 1461:1999.

Da ciascuna partita saranno prelevati 9 campioni casuali: sarà determinato il peso medio del rivestimento di zinco su tre dei campioni prelevati; se risulterà uguale o superiore a  $610 \text{ g/m}^2 + 10\%$ , la partita sarà accettata. In caso contrario, la prova sarà estesa agli altri 6 campioni: se,



anche per questi ultimi, il peso medio del rivestimento risulterà inferiore a  $610 \text{ g/m}^2$  -10%, la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell'Impresa.

La verifica della **uniformità dello strato di zincatura** sarà effettuata mediante un minimo di 5 immersioni, ciascuna della durata di un minuto, dei campioni in una soluzione di solfato di rame e acqua distillata (metodo secondo *Preece*) secondo la Norma UNI EN ISO 1460:1997. Da ciascuna partita saranno prelevati 9 campioni casuali: saranno sottoposti a prova 3 campioni. Se, dopo 5 immersioni ed il successivo lavaggio, non si avrà nell'acciaio alcun deposito di rame aderente metallico e brillante, la partita sarà accettata. In caso contrario, la prova sarà estesa agli altri 6 campioni:

- se presenterà depositi di rame uno solo dei campioni prelevati, la partita sarà accettata;
- se il numero dei campioni che presentano depositi di rame sarà più di 1, ma comunque non superiore a 3 dei 9 prelevati, la partita sarà accettata, ma verrà applicata una penale al lotto che non possieda i requisiti richiesti; se il numero dei campioni che presentano depositi di rame sarà superiore a 3, la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell'Impresa.

Tutte le prove e le verifiche dovranno essere effettuate a cura dell'Impresa sotto il controllo della Direzione Lavori, presso i **laboratori accreditati** indicati dalla medesima con oneri della certificazione a carico ANAS.

#### 6.4 Laboratori accreditati e autorizzati

Le **prove di qualifica** eseguite in integrazione alla **Marcatura CE**, nonché le **prove di collaudo o verifica** eseguite sui materiali o sui singoli componenti dei sistemi di protezione acustica, dovranno essere effettuate da **laboratori accreditati** secondo la Norma ISO 17025 da Ente ACCREDIA, da Enti equivalenti europei affiliati all'associazione degli organismi di accreditamento europei EA (<http://www.european-accreditation.org>), ovvero dai laboratori del Centro Ricerca di Cesano – ANAS ovvero dai **Laboratori Ufficiali** di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001 (autorizzati dal Min. dei LL.PP. per prove secondo legge 106 secondo L. 1086/'71 - DPR 380/'01 - circ. 7617/STC '10).

NOTA : le prove di accettazione principali, complementari o integrative di cui al paragrafo 6.3.1 possono essere eseguite per legge **solo** dai laboratori Ufficiali di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001.



## 7 MODALITÀ DI ESECUZIONE

Per quanto non esplicitamente indicato nella presente sezione e in progetto, in ottemperanza al § 4.1.7 del D.M. 14/01/2008, si farà riferimento alla norma UNI EN 13670-1 "Esecuzione di strutture in calcestruzzo: requisiti comuni" ed alle "Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo" pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (febbraio 2008).

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

- data e ora di esecuzione del getto;
- ubicazione del getto (opera e parte d'opera);
- classe di resistenza del conglomerato cementizio, in accordo a quanto previsto dal progetto;
- metri cubi di calcestruzzo previsti;
- impianto di betonaggio di provenienza

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

Inoltre, l'Impresa esecutrice deve verificare l'esistenza della **documentazione di qualifica**, con particolare riferimento alla rispondenza della miscela prevista per il getto alle condizioni di aggressività dell'ambiente, nonché deve prevedere l'elaborazione di una **specifica di stagionatura** delle opere/parti d'opera da realizzare; tale specifica deve essere trasmessa per informazione ad ANAS.

### 7.1 Confezionamento dei conglomerati cementizi

Il confezionamento dei conglomerati cementizi prodotti con **processo non industrializzato** dovrà essere eseguita con gli impianti preventivamente sottoposti all'esame della Direzione Lavori,





conformi alle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato, edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP., secondo le procedure di prequalifica e qualifica già descritte nei precedenti par. 6.2.1

Qualora il calcestruzzo sia prodotto con **processo industrializzato**, non occorrerà alcun esame preventivo dell'impianto da parte della Direzione Lavori, la quale, come già precisato al par. 6.2.1.2 si limiterà ad acquisire la documentazione di prequalifica.

NOTA Ove opportuno, la Direzione dei Lavori potrà comunque richiedere, in contraddittorio con l'Impresa, una qualifica della miscela o delle miscele in impianto di preconfezionamento, con prove certificate da parte dei **laboratori accreditati o autorizzati** di cui al par. 6.4 .

## 7.2 Trasporto dei conglomerati cementizi

Il **trasporto** dei conglomerati cementizi dall'impianto di betonaggio al luogo di 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 calcestruzzo medesimo.

Per quanto non specificato nel seguito, si farà riferimento alle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato, del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP.

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**.

NOTA Ciascuna fornitura di calcestruzzo dovrà essere accompagnata da un documento di trasporto (bolla) conforme alle specifiche del § 7.3 della UNI EN 206, sul quale dovranno essere riportati almeno

- data e ora di produzione;
- data e ora di arrivo in cantiere, di inizio scarico e di fine scarico;
- classe o classi di esposizione ambientale;
- classe di resistenza caratteristica del conglomerato;
- tipo, classe e dosaggio di cemento;



- dimensione massima nominale dell'aggregato;
- classe di consistenza o valore numerico di riferimento;
- classe di contenuto in cloruri;
- quantità di conglomerato trasportata;
- la struttura o l'elemento strutturale cui il carico è destinato.

L'Impresa dovrà esibire detta documentazione alla Direzione dei Lavori

**Non saranno ammessi gli autocarri a cassone o gli scivoli.**

**È facoltà della Direzione Lavori rifiutare carichi di conglomerato cementizio non rispondenti ai requisiti prescritti.**

Il tempo massimo consentito dalla produzione dell'impasto in impianto al momento del **getto** non dovrà superare i 90 minuti e sarà onere del produttore riportare nel documento di trasporto l'orario effettivo di fine carico della betoniera in impianto. Si potrà operare in **deroga** a questa prescrizione in casi eccezionali, quando i tempi di trasporto del calcestruzzo dall'impianto al cantiere dovessero risultare superiori ai 75 minuti. In questa evenienza, si potrà utilizzare il conglomerato fino a 120 minuti dalla miscelazione, purché esso possieda i requisiti di lavorabilità e resistenza iniziale prescritti.

### 7.3 Posa in opera dei conglomerati cementizi

#### 7.3.1 Operazioni preliminari

Le **operazioni di getto** potranno essere avviate solo dopo la verifica degli scavi, delle casseforme e delle armature metalliche da parte della Direzione Lavori.



Al momento della messa in opera del conglomerato, è obbligatoria la presenza di almeno un membro dell'ufficio della Direzione dei Lavori incaricato a norma di legge, oltre che di un responsabile tecnico dell'Impresa.

Prima di procedere alla messa in opera del calcestruzzo, sarà necessario adottare tutti quegli accorgimenti atti ad evitare qualsiasi sottrazione di acqua dall'impasto.

Nel caso di **getti contro terra, roccia, ecc.**, occorre controllare che la pulizia del sottofondo, il posizionamento di eventuali drenaggi, la stesura di materiale isolante o di collegamento siano eseguiti in conformità alle disposizioni di progetto e delle presenti Norme.

I **distanziatori** utilizzati per garantire i copriferri ed eventualmente le reciproche distanze tra le barre di armatura, dovranno essere in plastica o a base di malta cementizia di forma e geometria tali da minimizzare la superficie di contatto con il cassero.

#### 7.3.2 Getto del calcestruzzo

I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto ed alle prescrizioni della Direzione Lavori.

Lo **scarico del calcestruzzo** dal mezzo di trasporto nelle casseforme si effettua applicando tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione e favorire il flusso attraverso le armature e le parti più difficili da raggiungere nelle casseforme. L'immissione per mezzo di una tubazione flessibile può facilitare la distribuzione del calcestruzzo.

L'**altezza di caduta libera** del calcestruzzo fresco, indipendentemente dal sistema di movimentazione e getto, **non deve eccedere i 50-80 centimetri**; si utilizzerà un tubo di getto che si accosti al punto di posa o, meglio ancora, che si inserisca nello strato fresco già posato e consenta al calcestruzzo di rifluire all'interno di quello già steso.

L'**uso delle pompe** sarà consentito a condizione che l'Impresa adotti, a sua cura e spese, provvedimenti idonei a mantenere il valore prestabilito del rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio alla bocca di uscita della pompa.

Nel caso di **getti verticali ed impiego di pompa**, qualora le condizioni operative lo permettano e soprattutto con i calcestruzzi autocompattanti, si suggerisce di immettere il calcestruzzo dal fondo. Questo accorgimento favorisce la fuoriuscita dell'aria e limita la presenza di bolle d'aria



sulla superficie. L'obiettivo è raggiunto fissando al fondo della cassaforma un raccordo di tubazione per pompa, munito di saracinesca, collegato al terminale della tubazione della pompa.

E' anche raccomandabile che lo **spessore degli starti orizzontali di getto**, misurato dopo vibrazione non sia maggiore di 30 cm.

Per la **compattazione del getto** verranno adoperati **vibratori** a parete o ad immersione. Nel caso si adoperi il sistema di vibrazione ad immersione, l'ago vibrante deve essere introdotto verticalmente per l'intero spessore del getto fresco, per 5-10 cm in quello sottostante se ancora lavorabile e spostato, da punto a punto nel calcestruzzo, ogni 50 cm circa; la durata della vibrazione verrà protratta nel tempo in funzione della classe di consistenza del calcestruzzo, come dettagliato nella seguente Tabella.

Tabella 11: **Relazione tra classe di consistenza e tempo di vibrazione del conglomerato.**

Classe di consistenza	Tempo minimo di immersione dell'ago nel calcestruzzo (s)
S1	25 - 30
S2	20 - 25
S3	15 - 20
S4	10 - 15
S5	5 - 10
F6	0 - 5
SCC	<i>Non necessita compattazione (salvo indicazioni specifiche della D.L.)</i>

Nel caso di un **calcestruzzo autocompattante senza vibrazione**, è possibile raggiungere una distanza di scorrimento orizzontale di circa 10 metri; tale distanza, comunque, dipende anche dalla densità delle armature.



Il conglomerato cementizio sarà posto in opera ed 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.

Dal **giornale lavori** del cantiere dovrà risultare la data di inizio e di fine dei getti e del disarmo.

Se il getto dovesse essere effettuato durante la **stagione invernale**, l'Impresa dovrà tenere registrati giornalmente i minimi di temperatura desunti da un apposito termometro esposto nello stesso cantiere di lavoro.

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

Per la **finitura superficiale di solette e pavimentazioni**, è prescritto l'uso di **piastre vibranti** o attrezzature equivalenti; la regolarità dei getti dovrà essere verificata con il metodo descritto nella UNI 11146 - Appendice A, impiegando le seguenti tolleranze:

- $\pm 10$  mm su 2 metri per solette o pavimentazioni semplicemente staggate;
- $\pm 5$  mm su 2 metri per solette o pavimentazioni sottoposte a fratazzatura meccanica

Quando il calcestruzzo deve essere gettato in **presenza d'acqua**, si dovranno adottare tutti gli accorgimenti, approvati dalla Direzione Lavori, necessari ad impedire che l'acqua ne dilavi le superfici e ne pregiudichi la normale maturazione.

NOTA Sarà cura del fornitore garantire in ogni situazione la **classe di consistenza** prescritta per le diverse miscele, tenendo conto che **è assolutamente vietata qualsiasi aggiunta di acqua in betoniera al momento del getto** dopo l'inizio dello scarico del calcestruzzo dall'autobetoniera. La classe di consistenza prescritta verrà garantita per un intervallo di tempo di 30 minuti dall'arrivo della betoniera in cantiere. Trascorso questo tempo, sarà l'Impresa unica responsabile della eventuale minore **lavorabilità** rispetto a quella prescritta.

Nel caso di **calcestruzzi speciali per getti massivi** - in ogni caso - il getto dovrà rimanere, per almeno 4 giorni consecutivi, entro casseri ricoperti dall'esterno con materassini termoisolanti che riducano il gradiente termico tra nucleo e periferia del getto. Quando le superfici non cesseranno avranno iniziato la fase di indurimento, occorrerà procedere alla stesa dei materassini anche in



queste zone. Sarà obbligatorio procedere alla maturazione dei getti (con le modalità di cui al successivo par. 7.5) per ulteriori 3 giorni consecutivi alla rimozione dei casseri.

NOTA Qualora dovessero insorgere esigenze particolari, per sospendere la maturazione di **calcestruzzi speciali per getti massivi** esse dovranno essere espressamente autorizzate dalla Direzione Lavori. Qualora, per particolari esigenze costruttive, si debba procedere con una rapida rimozione delle casseforme (immediatamente dopo le 24 ore dal getto, ma comunque sempre su esplicita autorizzazione della Direzione Lavori), la superficie dei getti dovrà essere prontamente ricoperta con fogli di polietilene e materassini coibenti e tale rimarrà per 7 giorni consecutivi.

### 7.3.3 Posa in opera in climi freddi

Al momento della consegna dovrà essere verificato, conformemente a quanto indicato al precedente par.6.3.1.2, che la **temperatura dell'aria e del calcestruzzo fresco non siano minore di 5 °C**.

In **condizioni di temperatura ambientale inferiore**, considerando che tra il termine della miscelazione e la messa in opera si deve prevedere un raffreddamento di 2÷5°C, il getto potrà essere eseguito solo nel caso vengano rispettate le seguenti **prescrizioni**:

- nel caso in cui la temperatura dell'aria sia compresa fra 0°C e 5°C, la produzione e la posa in opera del conglomerato cementizio devono essere sospese, a meno che non sia garantita una temperatura dell'impasto durante la fase di getto non inferiore a 10°C, ad esempio mediante un adeguato sistema di preriscaldamento degli inerti e/o dell'acqua di impasto all'impianto di betonaggio, con l'avvertenza che la temperatura raggiunta dall'impasto non sia superiore a 25°C. In alternativa, è possibile utilizzare, sotto la responsabilità dell'Impresa, additivi acceleranti di presa conformi alla UNI EN 934-2 e, se autorizzati dalla D.L., opportuni additivi antigelo;
- per temperature comprese fra -4°C e 0°C, potranno essere eseguiti esclusivamente getti relativi a fondazioni, pali e diaframmi, ferme restando le condizioni dell'impasto di cui al punto precedente;
- salvo specifiche prescrizioni di progetto, da sottoporre comunque a preventiva approvazione, non si deve procedere all'esecuzione di getti quando la temperatura dell'aria esterna è inferiore a -4°C.

L'Impresa esecutrice deve inoltre adottare le seguenti **ulteriori precauzioni**:



- eseguire opportune protezioni dei getti, per permettere l'avvio della presa ed evitare la dispersione del calore di idratazione;
- eseguire una valutazione del tempo necessario al mantenimento delle casseforme in relazione all'effettivo valore di temperatura ambientale (vedi successivo par 7.5.2);
- scegliere, per il getto, le ore più calde della giornata;
- in caso di presenza di neve e/o ghiaccio, prima del getto si deve accertarne l'avvenuta rimozione dai casseri, dalle armature e dal sottofondo.

NOTA Al fine di poter mettere in atto correttamente e verificare le prescrizioni riguardanti le temperature di getto, occorre che in cantiere sia esposto un termometro in grado di indicare le temperature minime e massime giornaliere.

#### 7.3.4 Posa in opera in climi caldi

Se durante le operazioni di getto la temperatura dell'aria supera i 33 °C, **la temperatura dell'impasto dovrà essere mantenuta entro i 25 °C**. Per i getti massivi (di cui al precedente § 2.2.1 a) tale limite dovrà essere convenientemente diminuito.

Al fine di abbassare la temperatura del calcestruzzo, potrà essere usato ghiaccio in sostituzione di parte dell'acqua di impasto, avendo cura di computarne l'esatta quantità nel calcolo del rapporto a/c (di cui al § 13.3.3) affinché il valore prescritto non subisca alcuna variazione.

La **temperatura delle casseforme metalliche**, se maggiore di 33°C, deve essere ricondotta a tale valore con tolleranza di 5°C, mediante preventivi getti esterni di acqua fredda.

Per realizzare una miscela di calcestruzzo entro i limiti di temperatura sopra indicati, si potrà procedere al **raffreddamento degli aggregati** stoccati con getti di acqua fredda, prevedendo un adeguato drenaggio per evitarne il ristagno ed un controllo dell'umidità aggiuntivo per asciugatura, oltre a quello effettuabile mediante le sonde.

Per ritardare la presa e garantire il mantenimento della lavorabilità al getto secondo quanto indicato al par. 7.3.2, per facilitare la posa e la finitura del conglomerato cementizio potranno essere eventualmente impiegati **additivi ritardanti** di presa conformi alle indicazioni riportate nel par. 13.1.5 e preventivamente autorizzati dalla Direzione Lavori.



Per i getti in clima caldo e, soprattutto se asciutto e ventilato, dovranno essere adottate le seguenti **precauzioni**:

- esecuzione dei getti al mattino, alla sera o di notte;
- impiego di cementi a basso calore d'idratazione;
- impiego di additivi superfluidificanti per il mantenimento della lavorabilità;
- proteggere adeguatamente le superfici del getto, per evitare eccessive variazioni termiche tra l'interno e la parte corticale dei getti;
- a fine getto, mantenere umide le superfici del calcestruzzo secondo quanto indicato al successivo par. 7.5.

Nel caso vengano utilizzati **getti di acqua nebulizzata**, la temperatura della stessa non dovrà essere inferiore di oltre 10°C rispetto a quella della superficie del calcestruzzo.

#### 7.3.5 Riprese di getto

La Direzione Lavori avrà la facoltà di prescrivere, ove e quando lo ritenga necessario, che vengano eseguiti i **getti senza soluzione di continuità**, così da evitare ogni ripresa, anche se ciò comportasse il protrarsi del lavoro in giornate festive e la conduzione a turni. In nessun caso, l'Impresa potrà avanzare richieste di maggiori compensi.

Qualora debbano essere previste **riprese di getto**, sarà obbligo dell'Impresa procedere ad una preliminare rimozione, mediante scarifica con martello, dello strato corticale di calcestruzzo già parzialmente indurito. Tale superficie, che dovrà possedere elevata rugosità (asperità di circa 5 mm) verrà opportunamente pulita e bagnata per circa due ore prima del getto del nuovo strato di calcestruzzo.

##### 7.3.5.1 Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo fresco

L'Impresa dovrà aver verificato, in fase di qualifica, che le caratteristiche della miscela possiedano requisiti tali da rendere compatibili i due getti, tenendo presente il tempo necessario per il ricoprimento del primo getto, il mantenimento della lavorabilità nel tempo, il tempo di presa del





calcestruzzo già gettato. All'atto del getto dello strato successivo, la consistenza dello strato di primo getto deve essere almeno tale da permettere la penetrazione della vibrazione per uno spessore di qualche centimetro.

A tal fine, l'Impresa potrà fare uso di **additivi ritardanti**, in modo da garantire tempi massimi per le interruzioni, senza compromettere le caratteristiche di monoliticità.

#### 7.3.5.2 *Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo indurito*

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

Per l'eventuale utilizzo di **prodotti filmogeni** vale quanto riportato al par. 13.1.5

Tra le diverse riprese di getto non dovranno presentarsi distacchi, discontinuità o differenze di aspetto e colore. In caso contrario, deve provvedere ad applicare adeguati **trattamenti superficiali** concordati con ANAS.

Qualora alla struttura sia richiesta la **tenuta idraulica**, lungo la superficie scarificata verranno disposti dei giunti tipo "water-stop" in materiale bentonitico idroespansivo. I profili "water-stop" saranno opportunamente fissati e disposti secondo le indicazioni progettuali e della Direzione Lavori, in maniera tale da non interagire con le armature.

## 7.4 Casseforme

L'Impresa comunicherà preventivamente alla Direzione Lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare per realizzare i casseri e le relative opere di sostegno, ferma restando l'esclusiva responsabilità dell'Impresa stessa per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione di tali opere provvisorie e la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle. Il sistema prescelto dovrà comunque essere atto a consentire la realizzazione delle opere in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.

Nel caso di **casseratura a perdere**, inglobata nell'opera occorre verificare la sua funzionalità, se è elemento portante, e che non sia dannosa, se è elemento accessorio.



Nel caso di **calcestruzzi autocompattanti**, la maggiore spinta sui casseri andrà valutata secondo quanto specificato al § 4.2 delle già citate LL.GG. 2008.

#### 7.4.1 Pulizia e trattamento delle casseforme

Prima del getto, le casseforme dovranno essere pulite, per l'eliminazione di qualsiasi traccia di materiale che possa compromettere l'estetica del manufatto quali polvere, terriccio, ecc.

In ogni caso, l'Impresa avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti **disarmanti** disposti in strati omogenei continui. Su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato il medesimo prodotto. Qualora sia previsto l'utilizzo di calcestruzzi colorati o con cemento bianco, l'impiego dei disarmanti dovrà essere subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto non alteri il colore delle superfici.

Le parti componenti i casseri debbono essere a perfetto contatto e sigillate con idoneo materiale per evitare la fuoriuscita di boiaccia cementizia.

Nel caso di utilizzo di **casseforme impermeabili**, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto, si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata e la vibrazione dovrà avvenire contemporaneamente al getto.

#### 7.4.2 Predisposizione di fori, tracce e cavità

L'Appaltatore avrà l'obbligo di predisporre, in corso di esecuzione, quanto è previsto nei disegni costruttivi per ciò che concerne fori, tracce, cavità, incassature, ecc., per la posa in opera di apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle d'ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere interruttive, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti d'impianti, ecc..

### 7.5 Stagionatura e disarmo



#### 7.5.1 Prevenzione delle fessure da ritiro plastico sulle superfici non casserate

Le **superfici in calcestruzzo non casserate**, al termine della messa in opera e successiva compattazione, devono essere stagionate e protette dalla rapida evaporazione dell'acqua di impasto e dall'essiccamento degli strati superficiali (fenomeno particolarmente insidioso in caso di elevate temperature ambientali e forte ventilazione).

Per consentire una **corretta stagionatura**, è necessario mantenere costantemente umida la struttura realizzata; l'Impresa è responsabile della corretta esecuzione della stagionatura che potrà essere condotta mediante:

- l'applicazione, di specifici film di protezione mediante la distribuzione nebulizzata di **additivi stagionanti (agenti di curing)**, conformemente a quanto già specificato al precedente § 13.1.5;
- l'irrorazione continua del getto con acqua nebulizzata, con temperature della stessa non inferiori di oltre 10°C rispetto a quelle della superficie del getto;
- la copertura delle superfici del getto con fogli di polietilene, sacchi di iuta o tessuto non tessuto mantenuto umido, in modo che si eviti la perdita dell'acqua di idratazione;
- la creazione attorno al getto, con fogli di polietilene od altro, di un ambiente mantenuto saturo di umidità;
- la creazione, nel caso di solette e getti a sviluppo orizzontale, di un cordolo perimetrale (in sabbia od altro materiale rimovibile) che permetta di mantenere la superficie completamente ricoperta da un costante velo d'acqua.

La costanza della composizione degli **agenti di curing** dovrà essere verificata, a cura della Direzione Lavori ed a spese dell'Impresa, al momento del loro approvvigionamento.

I **prodotti filmogeni** di protezione non possono essere applicati lungo i giunti di costruzione, sulle riprese di getto o sulle superfici che devono essere trattate e/o ricoperte con altri materiali, a meno di non prevedere la loro rimozione prima delle altre applicazioni.

Sarà obbligatorio procedere alla maturazione dei getti per un periodo di tempo non inferiore a quello indicato al prospetto E.1 della UNI EN 13670-1.



Qualora dovessero insorgere esigenze particolari, per sospendere la maturazione esse dovranno essere espressamente autorizzate dalla Direzione dei Lavori.

**Per calcestruzzi con classe di resistenza a compressione maggiore o uguale di C40/50, la maturazione deve essere curata in modo particolare.**

Qualora sulle superfici orizzontali, quali solette di ogni genere o pavimentazioni, si rilevino **fenomeni di ritiro plastico con formazione di fessure** di apertura superiore a quanto indicato al precedente par. 2.1, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese alla protezione o alla sigillatura delle fessure come indicato al succitato par. 2.1.

Di norma, viene esclusa la **accelerazione dei tempi di maturazione con trattamenti termici** per i conglomerati gettati in opera. In casi particolari, la Direzione Lavori potrà autorizzare l'uso di tali procedimenti dopo l'esame e verifica diretta delle modalità proposte, che dovranno rispettare comunque quanto previsto ai seguenti paragrafi.

Resta inteso che, durante il periodo della stagionatura, i getti dovranno essere riparati da possibilità di urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

#### 7.5.2 Rimozione dei casseri e maturazione umida

Si potrà procedere alla **rimozione delle casseforme** dai getti quando saranno state raggiunte le resistenze minime prescritte in progetto per eseguire tale operazione. In assenza di specifiche prescrizioni, l'Impresa dovrà attenersi a quanto stabilito all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008).

La rimozione dei casseri e dei relativi puntelli, comunque, dovrà essere effettuata non prima che il calcestruzzo, in funzione della classe di resistenza, del tipo di cemento impiegato e delle condizioni ambientali, del tipo di manufatto, abbia raggiunto una resistenza meccanica adeguata a non subire danni durante e in conseguenza delle operazioni di disarmo.

Normalmente, la permanenza nei casseri a contatto con una superficie in calcestruzzo ne assicura una stagionatura protetta.

Qualora, fatto salvo quanto detto ad inizio del presente §, la rimozione del cassero da una superficie avvenga prima che sia trascorso il tempo minimo di stagionatura definito nel prospetto E.1 della UNI EN 13670-1, dovranno essere predisposte azioni atte a garantire il completamento della stagionatura umida, utilizzando una o più **precauzioni** tra quelle di seguito elencate:



- l'applicazione, sulle superfici scasserate, di specifici film di protezione mediante la distribuzione nebulizzata di **additivi stagionanti (agenti di curing)**, conformemente a quanto già specificato al precedente § 13.1.5;
- l'irrorazione continua del getto con acqua nebulizzata, assicurandosi che la temperatura della stessa non si discosti di oltre 10°C rispetto a quella della superficie del calcestruzzo;
- la copertura delle superfici del getto con fogli di polietilene, sacchi di iuta o tessuto non tessuto mantenuto umido, in modo che si eviti la perdita dell'acqua di idratazione;
- la creazione attorno al getto, con fogli di polietilene od altro, di un ambiente mantenuto saturo di umidità.

Per l'uso degli **agenti di curing**, valgono le stesse limitazioni elencate al precedente par7.5.1.

#### 7.5.3 Maturazione accelerata con trattamenti termici

La **maturazione accelerata** dei conglomerati cementizi con trattamenti termici sarà permessa qualora siano state condotte indagini sperimentali sul trattamento che si intende adottare.

In particolare, si dovrà verificare che la resistenza meccanica del calcestruzzo soddisfi comunque i requisiti richiesti nella Tabella 2 precedentemente riportata, anche se sottoposto allo specifico ciclo termico adottato; inoltre, dovranno essere rispettate le seguenti **prescrizioni**:

- la temperatura del conglomerato cementizio, durante le prime 3 ore dall'impasto, non deve superare i 30 °C;
- il gradiente di temperatura di riscaldamento e quello di raffreddamento non deve superare 15°C/h e dovranno essere ulteriormente ridotti qualora non sia verificata la condizione di cui al successivo punto ;
- la differenza di temperatura tra quella massima all'interno del conglomerato cementizio e ambiente a contatto con il manufatto non dovrà superare i 10 °C;
- la temperatura massima del calcestruzzo non dovrà, in media, superare i 65 °C;



- il controllo, durante la maturazione, dei limiti e dei gradienti di temperatura, dovrà avvenire con apposita apparecchiatura che registri l'andamento delle temperature nel tempo, sia all'interno che sulla superficie esterna dei manufatti;
- la procedura di controllo di cui al punto precedente dovrà essere rispettata anche per i conglomerati cementizi gettati in opera e maturati a vapore.

Il concetto di **resistenza caratteristica** è riferito a provini stagionati per 28 giorni a 20°C e UR > 95%.

Pertanto, anche per le opere sottoposte **maturazione accelerata** a temperature diverse da 20°C, è obbligatorio procedere all'esecuzione dei controlli di accettazione del calcestruzzo, nel rispetto di quanto indicato al precedente par. 6.3.1.1

In aggiunta a tali controlli, sarà comunque obbligatorio eseguire prove complementari (vedi precedente par. 6.3.1.1) su provini stagionati nelle stesse condizioni termo-igrometriche dell'opera (sottoposti allo stesso trattamento termico) e testati:

- immediatamente prima del momento previsto per il taglio dei trefoli o per la messa in tiro delle armature post tese;
- alla scadenza dei 28 giorni.

In ogni caso, i provini maturati nelle stesse condizioni termo-igrometriche della struttura, prelevati con la stessa frequenza e nelle stesse quantità previste per i controlli di cui al succitato par. 6.3.1.1, dovranno rispettare, a 28 giorni, le prescrizioni contenute nella già citata Tabella 2.

#### 7.5.4 Regolarità delle superfici cassate

Eventuali **irregolarità o sbavature** presenti sulle superfici gettate contro cassero, qualora ritenute non tollerabili dalla Direzione Lavori a suo insindacabile giudizio, dovranno essere asportate mediante scarifica meccanica o manuale ed, i punti incidentalmente difettosi, dovranno essere ripresi accuratamente con malta cementizia a ritiro compensato immediatamente dopo il disarmo. Resta inteso, che gli oneri derivanti dalle suddette operazioni ricadranno totalmente a carico dell'Impresa.



Quando le irregolarità siano mediamente superiori a 10 mm, la Direzione Lavori ne imporrà la regolarizzazione a totale cura e spese dell'Impresa mediante uno strato di materiali idonei che, a seconda dei casi e ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori potrà essere costituito da:

- malta reoplastica a ritiro compensato previa bagnatura a rifiuto delle superfici interessate;
- conglomerato bituminoso del tipo usura fine, per spessori non inferiori a 20 mm.

Eventuali ferri (fili, chiodi, reggette) che, con funzione di legatura, di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere da getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 5 mm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento.

## 7.6 Giunti di discontinuità ed opere accessorie nelle strutture in conglomerato cementizio

È tassativamente prescritto che nelle strutture da eseguire con getto di conglomerato cementizio vengano realizzati **giunti di discontinuità** sia in elevazione che in fondazione onde evitare irregolari e imprevedibili fessurazioni delle strutture stesse, per effetto di escursioni termiche, di fenomeni di ritiro e di eventuali assestamenti.

Tali giunti vanno praticati ad intervalli ed in posizioni opportunamente scelte, tenendo anche conto delle particolarità della struttura (gradonatura della fondazione, ripresa fra vecchie e nuove strutture, attacco dei muri andatori con le spalle dei ponti e viadotti, ecc.).

I giunti dovranno essere conformi alle indicazioni di progetto e saranno ottenuti ponendo in opera, con un certo anticipo rispetto al getto, appositi setti di materiale idoneo, da lasciare in posto, in modo da realizzare superfici di discontinuità (piane, a battente, a maschio e femmina, ecc.) affioranti faccia a vista, secondo linee rette continue o spezzate.

I giunti, come sopra illustrati, dovranno essere realizzati a cura e spese dell'Impresa, essendosi tenuto debito conto di tale onere nella formulazione dei prezzi di elenco relativi alle singole tipologie di conglomerato.

Solo nel caso in cui è previsto in progetto che il giunto sia munito di apposito **manufatto di tenuta o di copertura**, l'Elenco Prezzi prevede espressamente le voci relative alla speciale conformazione del giunto, unitamente alla fornitura e posa in opera dei manufatti predetti, con le specificazioni di tutti i particolari oneri che saranno prescritti per il perfetto definitivo assetto del giunto. I



manufatti di tenuta o di copertura dei giunti possono essere costituiti da elastomeri a struttura etilenica (stirolo butiadene), a struttura paraffinica (bitile), a struttura complessa (silicone poliuretano, polioossipropilene, polioossicloropropilene o da elastomeri etilenici cosiddetti protetti (neoprene).

In luogo dei manufatti predetti, potrà essere previsto l'impiego di **sigillanti**. I sigillanti possono essere costituiti da sostanze oleo-resinose, bituminose-siliconiche a base di elastomeri polimerizzabili o polisolfuri, che dovranno assicurare la tenuta all'acqua, l'elasticità sotto le deformazioni previste, una aderenza perfetta alle pareti, ottenuta anche a mezzo di idonei primer, non colabili sotto le più alte temperature previste e non rigidi sotto le più basse, mantenendo il più a lungo possibile nel tempo le caratteristiche di cui sopra dopo la messa in opera.

E' **tassativamente proibita l'esecuzione di giunti obliqui** formanti angolo diedro acuto (muro andatore, spalla ponte obliquo, ecc.). In tali casi, occorre sempre modificare l'angolo diedro acuto, in modo tale da formare con le superfici esterne delle opere da giuntare angoli diedri non inferiori ad un angolo retto, con facce piane di conveniente larghezza in relazione al diametro massimo degli inerti impiegati nel confezionamento del conglomerato cementizio di ogni singola opera.

Nell'esecuzione dei **manufatti contro terra** il progetto dovrà tenere conto, in numero sufficiente ed in posizione opportuna, dell'esecuzione di appositi **fori per l'evacuazione delle acque di infiltrazione**. Le indicazioni progettuali saranno il riferimento per l'Impresa, salvo indicazioni differenti da parte della Direzione dei Lavori. I fori dovranno essere ottenuti mediante preventiva posa in opera nella massa del conglomerato cementizio di tubi a sezione circolare o di profilati di altre sezioni di PVC o simili. Per la formazione dei fori, l'Impresa avrà diritto al compenso previsto nella apposita voce dell'Elenco Prezzi, comprensiva di tutti gli oneri e forniture per dare il lavoro finito a regola d'arte.

## 7.7 Armature per c.a.

Nella **posa in opera** delle armature metalliche entro i casseri, è prescritto l'impiego di opportuni **distanziatori** prefabbricati in conglomerato cementizio o in materiale plastico, al fine di garantire gli spessori di copriferro previsti in progetto; lungo le pareti verticali, si dovrà ottenere il necessario distanziamento esclusivamente mediante l'impiego di distanziatori ad anello; sul fondo dei casseri, dovranno essere impiegati distanziatori del tipo approvato dalla Direzione Lavori. L'uso dei distanziatori dovrà essere esteso anche alle strutture di fondazione armate.

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





gabbia durante il getto. L'Impresa dovrà inoltre adottare tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante le operazioni di getto.

Il **diametro di piegatura** deve essere tale da evitare sia fessure nella barra che la rottura del calcestruzzo all'interno della piegatura. Per i valori minimi da adottare, ci si riferisce alle prescrizioni contenute nella UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) al § 8.3

Tabella 12    **Diametri ammissibili dei mandrini per barre piegate.**

Diametro barra	Diametro minimo del mandrino per piegature, uncini e ganci
$\varnothing \leq 16 \text{ mm}$	4 $\varnothing$
$\varnothing > 16 \text{ mm}$	7 $\varnothing$

NOTA Alla consegna in cantiere, l'Impresa avrà cura di depositare l'acciaio in luoghi protetti dagli agenti atmosferici. In particolare, per quei cantieri posti ad una distanza inferiore a 2 km dal mare, le barre di armatura dovranno essere protette, con appositi teli, dall'azione dell'aerosol marino.

È a carico dell'Impresa l'onere della posa in opera delle armature metalliche, anche in presenza di acqua o fanghi bentonitici, nonché i collegamenti equipotenziali.

Per le **barre in acciaio zincato** 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 viene 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 bi-componente, dello spessore di 80-100 micron.



## 7.8 Armature di precompressione

Valgono le prescrizioni contenute nel "CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO – Opere d'Arte Maggiori – Ponti e Viadotti", integrate con quanto indicato nei sub paragrafi di seguito dedicati ai sistemi di precompressione.

L'Impresa dovrà attenersi rigorosamente alle prescrizioni contenute nei calcoli statici e nei disegni esecutivi per tutte le disposizioni costruttive ed, in particolare, per quanto riguarda:

- il tipo, il tracciato, la sezione dei singoli cavi;
- le fasi di 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, nella posa in opera delle armature di precompressione si precisa che l'Impresa dovrà assicurarne l'esatto posizionamento mediante l'impiego di appositi supporti realizzati, ad esempio, con pettini in tondini d'acciaio.

### 7.8.1 Fili, barre e trefoli

Rotoli e bobine di fili, trecce e trefoli provenienti da diversi stabilimenti di produzione devono essere tenuti distinti: un cavo non dovrà mai essere formato da fili, trecce o trefoli provenienti da stabilimenti diversi.

I **fili** di acciaio dovranno essere del tipo autoraddrizzante e non dovranno essere piegati durante l'allestimento dei cavi. Devono essere forniti in rotoli di diametro tale che, all'atto dello svolgimento, allungati al suolo su un tratto di 10 m non presentino curvatura con freccia superiore a 400 mm; il produttore deve indicare il diametro minimo di avvolgimento. Le legature dei fili, trecce e trefoli costituenti ciascun cavo dovranno essere realizzati con nastro adesivo ad intervallo di 70 cm.



Allo scopo di assicurare la centratura dei cavi nelle guaine si prescrive l'impiego di una **spirale** costituita da una treccia di acciaio armonico del diametro di 6 mm, avvolta intorno ad ogni cavo con passo di 80-100 cm.

I filetti delle **barre** e dei manicotti di giunzione dovranno essere protetti fino alla posa in opera con prodotto antiruggine privo di acidi.

Se l'**agente antiruggine** è costituito da grasso, è necessario sia sostituito con olio prima della posa in opera per evitare che all'atto dell'iniezione gli incavi dei dadi siano intasati di grasso.

Nel caso sia necessario dare alle barre una configurazione curvilinea, si dovrà operare soltanto a freddo e con macchina a rulli.

**Non è ammessa in cantiere alcuna operazione di raddrizzamento. All'atto della posa in opera, gli acciai devono presentarsi privi di saldature, ossidazione, corrosione e difetti superficiali visibili.**

I **cavi inguainati monotrefolo** dovranno essere di tipo compatto, costituiti da trefolo in fili di acciaio a sezione poligonale, rivestiti con guaina tubolare in polietilene ad alta densità intasata internamente con grasso anticorrosivo ad alta viscosità, stabile ed idoneo all'uso specifico. 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.

#### 7.8.2 Tesatura delle armature di precompressione

L'Impresa, durante le operazioni di **tesatura** dovrà registrare, su appositi moduli, da consegnare in copia alla Direzione Lavori, i tassi di precompressione e gli allungamenti totali o parziali di ciascun trefolo o cavo della struttura.

Nelle strutture ad armatura pre-tesa, le armature di precompressione dovranno essere ricoperte dal conglomerato cementizio per tutta la loro lunghezza.

#### 7.8.3 Iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. nuove



Nelle strutture in conglomerato cementizio armato precompresso con cavi scorrevoli, allo scopo di assicurare l'aderenza e soprattutto proteggere i cavi dalla corrosione, è necessario che le guaine vengano iniettate con **boiaccia di cemento reoplastica, fluida pompabile ed a ritiro compensato** (è richiesto un leggero effetto espansivo).

Tale boiaccia sarà preferibilmente pronta all'uso previa aggiunta di acqua, in alternativa potrà essere ottenuta da una miscelazione in sito di cemento, aggiunte minerali, additivi superfluidificanti, eventuali additivi antiritiro, agenti espansivi non metallici e modificatori di viscosità ed acqua nel qual caso le singole materie prime impiegate dovranno rispettare i requisiti indicati nel capitolo 13.1.

Sia le boiacche premiscelate pronte all'uso che quelle prodotte in cantiere, dovranno soddisfare i **requisiti** riportati al § 6 della UNI EN 447, in termini di:

- prova di setacciatura;
- fluidità;
- bleeding;
- cambiamento di volume;
- resistenza meccanica;
- tempo di presa;
- densità.

Le prove verranno eseguite nel rispetto delle modalità riportate nella UNI EN 445.

La **posa in opera della boiaccia** dovrà essere preceduta da una **valutazione dell'idoneità**, con le modalità riportate nel § 6 della UNI EN 446.

Nelle operazioni di iniezione dovranno essere seguite le prescrizioni riportate nella UNI EN 446. In aggiunta, valgono le seguenti ulteriori prescrizioni:

- la misura della **fluidità** delle boiacche di iniezione, eseguita con la prova del cono di Marsh (§ 4.3.1 della UNI EN 445), dovrà rispettare le indicazioni aggiuntive riportate al seguente § 7.8.3.1;
- la misura di fluidità dovrà essere eseguita, per ogni impasto, all'entrata delle guaine e per ogni guaina all'uscita; l'iniezione continuerà finché la fluidità della boiaccia in uscita sarà paragonabile a quella in entrata. Si dovrà provvedere con appositi contenitori, affinché la



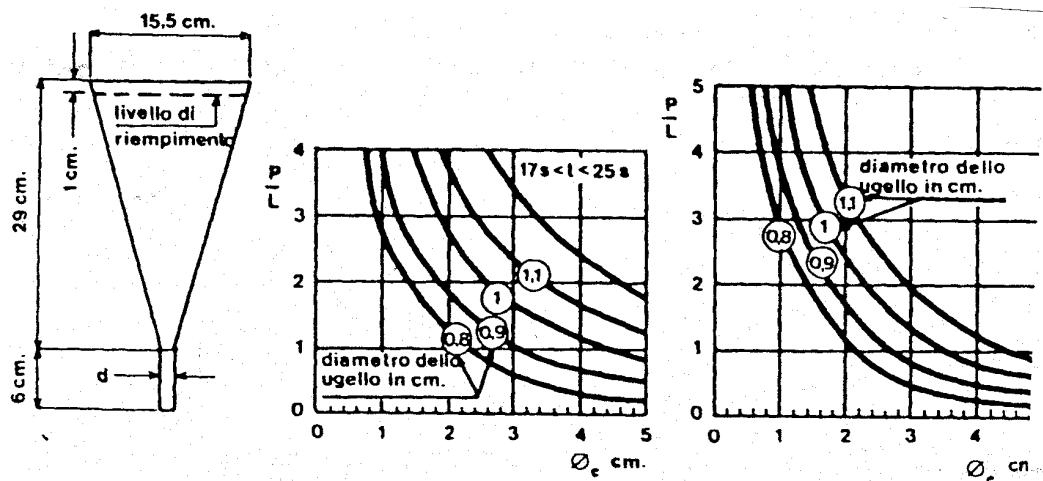
boiaccia di sfrido non venga scaricata senza alcun controllo sull'opera o attorno ad essa. Una più accurata pulizia delle guaine ridurrà l'entità di questi sfridi

- l'**impastatrice** dovrà essere del tipo ad alta velocità, almeno 4000÷5000 giri/min (con velocità tangenziale minima di 14 m/sec). È **proibito l'impasto a mano**, il tempo di mescolamento verrà fissato di volta in volta, in base ai valori di fluidità desunti dalla misura al cono di *Marsh*;
- indipendentemente dal soddisfacimento della prova di setacciatura, prima di essere immessa nella pompa, la boiaccia dovrà essere vagliata con setaccio avente maglia di 2 mm di lato;
- è tassativamente prescritta la disposizione di **tubi di sfiato** in corrispondenza di tutti i punti più elevati di ciascun cavo, comprese le trombette ed i cavi terminali. Ugualmente, dovranno esserci tubi di sfiato nei punti più bassi dei cavi lunghi e con forte dislivello. All'entrata di ogni guaina dovrà essere posto un rubinetto, valvola o altro dispositivo, atti a mantenere, al termine dell'iniezione, la pressione entro la guaina stessa per un tempo di almeno 5 ore;
- l'**iniezione** dovrà avere carattere di continuità e non potrà venire assolutamente interrotta. In caso di interruzioni dovute a cause di forza maggiore e superiori a 5 minuti, il cavo verrà lavato e l'iniezione andrà ripresa dall'inizio.

#### 7.8.3.1 Misura della fluidità con il cono di *Marsh*

L'apparecchio dovrà essere costruito in acciaio inossidabile ed avere forma e dimensioni riportate nella seguente Figura 10.1, con ugello intercambiabile di diametro variabile da 8 a 11 mm. La fluidità della boiaccia sarà determinata misurando il tempo totale di scolo di 1000 cm<sup>3</sup> di boiaccia essendo il cono, inizialmente riempito con 2000 cm<sup>3</sup> di prodotto. La scelta del diametro dell'ugello dovrà essere fatta sulla base degli abachi di cui alla Figura di seguito riportata, rispettivamente per cavi a fili e a trefoli.

Figura 10.1: Dimensioni cono di *Marsh* e abachi per scelta ugello di prova.



CONO DI MARSH

A FILI

A TREFOLI

Dove:

$P$  = pressione dell'iniezione ( $\text{g/cm}^2$ )

$L$  = lunghezza della guaina (cm)

$\phi_e = \sqrt{\phi G^2 - n \cdot \phi F}$  [diametro equivalente in funzione della guaina ( $\phi G$ ), del diametro dei fili ( $\phi f$ ) e del loro numero ( $n$ )].

(2) *Misura della essudazione della malta.*

Si opera con una provetta graduata cilindrica ( $250 \text{ cm}^3$ ,  $\phi 6 \text{ cm}$ , con  $6 \text{ cm}$  di malta). La provetta deve essere tenuta in riposo e al riparo dall'aria. La misura si effettua 3 ore dopo il mescolamento, con lettura diretta oppure con pesatura prima e dopo lo svuotamento con pipetta dell'acqua trasudata.

#### 7.8.4 Iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. esistenti

Le presenti norme regolano l'esecuzione di iniezioni con **miscele a bassa viscosità** delle guaine di cavi di precompressione di strutture in c.a.p. esistenti con grado di riempimento variabile.

A seconda del tipo di guaine da riempire, del loro numero e del loro grado di riempimento, dovrà essere deciso il tipo di materiale da usare (resine epossidiche pure o caricate o boiacche di cemento pronte all'uso) e le modalità d'iniezione (iniezione tradizionale, da più fori oppure iniezioni sotto vuoto).

Nel caso di riempimento di guaine completamente vuote, saranno sempre usati materiali di tipo cementizio.



#### 7.8.4.1 *Requisiti comuni*

I prodotti impiegati per l'esecuzione di iniezioni a bassa viscosità dovranno essere conformi alle specifiche riportate nella UNI EN 1504-5.

In particolare, dovranno essere sempre soddisfatti i requisiti prestazionali riportati nel prospetto 3.a (prodotti per iniezione con capacità di trasmissione di forze).

#### 7.8.4.2 *Sistemi epossidici*

Verranno utilizzati esclusivamente **sistemi epossidici** costituiti da resine bicomponente (A+B), soddisfacenti i requisiti prestazionali di cui al precedente par. 7.8.3 (per i prodotti di tipo P), oltre ai requisiti di identificazione riportati nel prospetto 2.a della UNI EN 1504-5.

La Direzione Lavori, a seconda delle presumibili dimensioni dei vuoti all'interno delle guaine ed in relazione alle circostanze emerse durante il lavoro di iniezione, potrà ordinare l'uso di **cariche** (per esempio cemento) che, comunque, dovranno essere di natura basica o neutra.

Dovranno essere, inoltre, rispettate le seguenti **prescrizioni**:

- **tempo di presa:** riferito al sistema epossidico puro, dovrà essere compatibile con le esigenze del lavoro e comunque non inferiore a 2 ore. Per particolari condizioni operative, la Direzione Lavori potrà richiedere tempi di presa superiori;
- **POT-LIFE** misurato (secondo SECAM) alla temperatura  $23 \pm 1$  °C e umidità relativa del  $65 \pm 5\%$  in bicchiere di vetro della capacità di  $100 \text{ cm}^3$  su quantità di  $50 \text{ cm}^3$  di miscela (media su 5 prove);
- **viscosità:** riferita al sistema epossidico puro, non dovrà essere superiore a 180 cps a  $23 \pm 1$  °C ed umidità relativa di  $65 \pm 5\%$ . La sua determinazione potrà essere fatta mediante misura diretta o con tazza FORD 4 termostata (media su 5 prove);
- **ritiro:** dovrà risultare minore dello 0,19, misurato secondo norma UNI-PLAST 4285 (media su 5 prove);
- **comportamento in presenza d'acqua:** l'eventuale presenza di acqua nelle guaine non dovrà costituire impedimento alla policondensazione della miscela;



- **protezione chimica dei ferri d'armatura:** la miscela dovrà avere pH basico, compreso tra 10,5 e 12,5; tale valore verrà misurato sulla resina miscelata (A + B), nel rapporto di catalisi di fornitura, diluita con acqua distillata, per avere la necessaria bagnabilità del rilevatore.

#### 7.8.4.3 Boiacche cementizie

Le **boiacche cementizie** per iniezioni ad elevata fluidità saranno **di tipo preconfezionato**, pronte all'uso con la semplice aggiunta di acqua, esenti da aggregati metallici, di viscosità molto bassa pur con rapporti acqua/cemento non superiori a 0,38 e soddisfacenti i requisiti di cui al precedente par. par. 7.8.3 per i prodotti di tipo H, nonché i requisiti di identificazione riportati nel prospetto 2.b della UNI EN 1504-5.

Dovranno essere, inoltre, rispettate le seguenti **prescrizioni**:

- **viscosità:** la viscosità verrà valutata con cono di *Marsh*, ugello da 12 mm; il tempo di scolo di 1000 cm<sup>3</sup> non dovrà essere superiore a 30 sec nella boiaccia appena confezionata e dovrà mantenersi costante per almeno 30 min;
- **ritiro:** la boiaccia dovrà essere priva di ritiro; è preferibile un comportamento espansivo;
- **essudazione (bleeding):** il materiale dovrà esserne esente;
- **resistenza meccanica:** la resistenza meccanica alla compressione semplice su provini cubici di 7 o 10 cm di lato dovrà risultare non inferiore a 25 MPa dopo 3 giorni, 35 MPa dopo 7 giorni ed a 50 MPa dopo 28 giorni con una massa volumica degli stessi non inferiore a 18,5 kN/m<sup>3</sup>.

NOTA Le suddette caratteristiche dovranno essere definite per ogni lotto di miscela prodotta.

#### 7.8.5 Modalità di iniezione

##### 7.8.5.1 Iniezioni tradizionali

Preliminarmente, sulle travi nelle quali è stato già individuato il presumibile tracciato dei cavi di precompressione mediante misure geometriche effettuate con riferimento ai disegni di progetto e con l'ausilio di sondaggi eseguiti con apposita apparecchiatura elettromagnetica e/o ad





ultrasuoni, si dovrà procedere alla **localizzazione delle guaine** mediante tasselli effettuati con micro-demolitori (normalmente, con un passo di 3-4 m su ogni cavo, partendo dal centro della trave).

Non tutti i tasselli serviti per localizzare e valutare lo stato delle guaine saranno attrezzati per l'iniezione, ma soltanto quelli più idonei; su di essi si applicheranno i **tubetti d'iniezione** provvisti di apposita cuffia, da sigillare con paste collanti epossidiche, previa accurata pulizia del supporto; qualora la profondità del tassello sia rilevante, la pasta collante sarà stesa in più strati successivi. Le stuccature dovranno essere impermeabili al tipo di materiale usato nell'iniezione e, nel caso di iniezioni sottovuoto, dovranno permettere la formazione di quest'ultimo. Tubetti di iniezione verranno introdotti anche nei fori degli ancoraggi dei cavi, preliminarmente scoperti e puliti, eventualmente riperforati con trapano, quindi stuccati con la pasta di cui sopra.

I tasselli non utilizzati per l'iniezione delle guaine saranno chiusi mediante malta reoplastica fluida non segregabile, tixotropica, a basso calore d'idratazione, priva di ritiro, ad elevata resistenza meccanica ed elevato potere adesivo all'acciaio ed al conglomerato cementizio. La stuccatura verrà rinforzata e supportata con una rete elettrosaldata debitamente ancorata, mediante saldature o legature alle armature esistenti. Si procederà, inoltre, a stuccature e riparazioni di zone di conglomerato cementizio poroso, vespai ecc., in modo da chiudere possibili vie di uscita dei materiali di iniezione. Tali stuccature saranno effettuate con paste a base epossidica e, quando previsto dal progetto, anche rinforzate con reti metalliche.

Dopo almeno 48 ore dall'ultimazione della stuccatura, si procederà alla soffiatura all'interno delle guaine, per eliminare eventuali sacche d'acqua e per valutare la consistenza dei vuoti nei vari tratti.

Si procederà quindi alla **iniezione della miscela**, scegliendo il punto iniziale in base alle risultanze della soffiatura.

In linea di massima, sarà conveniente partire dai fori di iniezione in mezzera della trave, dove sono in comunicazione gran parte delle guaine e procedere sino alla fuoriuscita (se possibile) della miscela dai primi tubetti posti ai lati del punto di iniezione.

Si inietteranno poi questi ultimi e, successivamente, quelli adiacenti, in successione, fino ad ottenere la fuoriuscita della miscela dalle testate dei cavi.

Naturalmente, i tubi già iniettati dovranno essere man mano sigillati. La **pressione d'iniezione** dovrà essere la più bassa possibile, compatibilmente con l'esigenza di ottenere un buon riempimento dei cavi e, comunque, in nessun caso si dovranno superare i 5 bar.



#### 7.8.5.2 Iniezioni sottovuoto

Potranno essere usate tecniche di **iniezione sottovuoto**, cioè provocando con apposita attrezzatura aspirante un vuoto dell'ordine di 1 bar nelle cavità da iniettare ed ammettendo poi il materiale di riempimento.

Le modalità di preparazione di fori di iniezione e la loro ubicazione sono analoghe a quelle descritte per le iniezioni tradizionali, con la variante che sarà necessario, una volta decisi i punti in cui applicare gli iniettori, effettuare una prima valutazione della possibilità di creare il vuoto e dell'entità del volume delle cavità presenti.

La prima valutazione tende ad individuare la necessità o meno di effettuare gli interventi di tenuta e le zone dove dovranno essere eseguite tali stuccature; la seconda a stimare i consumi e, principalmente, a controllare, a iniezione terminata, che tutti i vuoti valutati siano stati riempiti.

A seconda dell'attrezzatura disponibile, la valutazione si effettuerà tramite misura (con contalitri) del volume d'aria ammesso nella cavità, dopo aver effettuato il vuoto, oppure in base alla legge di *Boyle-Mariotte*.

A questo punto, si procederà alle **iniezioni** vere e proprie con il materiale di riempimento prescelto; il materiale introdotto nella cavità per azione del vuoto dovrà, a passaggio terminato, essere posto sotto una pressione di 2-3 bar prima del bloccaggio del tubo d'iniezione.

Occorrerà anche valutare il volume del materiale entrato, in genere misurando il consumo in chilogrammi e passando al volume ( $V_m$ ) per tramite del peso specifico del materiale stesso, oppure valutando direttamente il volume del materiale iniettato.

Il rapporto  $V_m/V_i \cdot 100$  (grado di riempimento) verrà indicato per ogni singola iniezione.

#### 7.8.6 Prove

Per accertare la rispondenza ai requisiti richiesti, i materiali dovranno essere sottoposti a prove presso un **laboratorio accreditato** di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, con la frequenza indicata dalla Direzione Lavori.

### 7.9 Malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione



Per quanto riguarda le **malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione** la preparazione del sottofondo, l'asportazione del calcestruzzo contaminato o degradato dovrà essere eseguita mediante martelletti leggeri, alimentati ad aria compressa o mediante macchine idrodemolitrici (preferibile nel caso degli spessori più elevati). Dopo l'asportazione el calcestruzzo contaminato, la superficie del supporto dovrà essere microscopicamente ruvida con asperità di 5 mm. Nel caso di degrado limitato a pochi mm, la preparazione del supporto potrà avvenire mediante sabbiatura o idrosabbiatura. Per quanto riguarda altre indicazioni sulla posa in opera e la stagionatura, valgono le indicazioni generali sopra riportate e riassunte nelle Tabelle A.10.4 e A.10.5 riportate nell'Allegato 10 al par. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

Relativamente ai **sistemi di protezione delle armature metalliche contro la corrosione**, in forma di vernici resinose o boiacche cementizie additivate, da applicare sulla superficie delle barre esistenti e/o di quelle aggiunte la loro applicazione dovrà essere eseguita sulla superficie delle armature metalliche previa asportazione preventiva di tutti i depositi ed i prodotti di corrosione mediante spazzolatura meccanica, sabbiatura o idrosabbiatura.

## 7.10 Tolleranze di esecuzione

La Direzione Lavori procederà sistematicamente, sia in corso d'opera che a struttura ultimata, alla verifica delle quote e delle dimensioni indicate nel progetto esecutivo.

Nelle opere finite, gli **scostamenti ammissibili (tolleranze) "S"** rispetto alle dimensioni e/o quote dei progetti sono riportate di seguito per i vari elementi strutturali:

- Fondazioni: plinti, platee, solettoni, ecc.:
  - posizionamento rispetto alle coordinate di progetto:  $S = \pm 2,0\text{cm}$
  - dimensioni in pianta:  $S = - 3,0\text{ cm o } + 5,0\text{ cm}$
  - dimensioni in altezza (superiore):  $S = - 0,5\text{ cm o } + 2,0\text{ cm}$
  - quota altimetrica estradosso:  $S = - 0,5\text{ cm o } + 2,0\text{ cm}$
- Strutture in elevazione: pile, spalle, muri, ecc.:
  - posizionamento rispetto alle coordinate degli allineamenti di progetto:  $S = \pm 2,0\text{ cm}$



- dimensione in pianta (anche per pila piena):  $S = - 0,5 \text{ cm o } + 2,0 \text{ cm}$
- spessore muri, pareti, pile cave o spalle:  $S = - 0,5 \text{ cm o } + 2,0 \text{ cm}$
- quota altimetrica sommità:  $S = \pm 1-5 \text{ cm}$
- verticalità per  $H \leq 600 \text{ cm}$ :  $S = \pm 2-0 \text{ cm}$
- verticalità per  $H > 600 \text{ cm}$ :  $S = \pm H/12$
- Solette e solettoni per impalcati, solai in genere:
  - spessore:  $S = -0,5 \text{ cm o } + 1,0 \text{ cm}$
  - quota altimetrica estradosso:  $S = \pm 1,0 \text{ cm}$
- Vani, cassette, inserterie:
  - posizionamento e dimensione vani e cassette:  $S = \pm 1,5 \text{ cm}$
  - posizionamenti inserti (piastre, boccole):  $S = \pm 1,0 \text{ cm}$

**NOTA** In ogni caso, gli scostamenti dimensionali negativi non devono ridurre i copriferri minimi prescritti dal progetto.

Per le tolleranze sopra riportate sono **possibili variazioni** qualora:

- nel progetto esecutivo siano stati indicati valori differenti per gli scostamenti ammessi;
- la Direzione dei Lavori, per motivate necessità, faccia esplicita richiesta di variazione dei valori.

## 8 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

### 8.1 Norme generali



Sia per i lavori compensati a corpo che per quelli compensati a misura, l'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio tutti i **disegni contabili** delle opere realizzate e delle lavorazioni eseguite con l'indicazione (quote, prospetti e quant'altro necessario) delle quantità, parziali e totali, nonché con l'indicazione delle relative operazioni aritmetiche e degli sviluppi algebrici necessari alla individuazione delle quantità medesime, di ogni singola categoria di lavoro attinente l'opera o la lavorazione interessata.

Detti disegni contabili, da predisporre su **supporto informatico** e - in almeno duplice copia - su **supporto cartaceo**, saranno obbligatoriamente consegnati tempestivamente alla Direzione Lavori per il necessario e preventivo controllo e verifica, da effettuare sulla base delle misurazioni eseguite in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori.

Tale documentazione contabile è indispensabile per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate di acconto, secondo quanto stabilito in merito per i pagamenti.

La suddetta documentazione contabile resterà di proprietà dell'Amministrazione committente.

Tutto ciò premesso e stabilito, si precisa che:

- i lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche, o a numero, o a peso, così come rilevate dalla Direzione dei Lavori, in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori;
- i lavori da compensare "a corpo" saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche, o a peso, o a numero, rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore e, quindi, confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati grafici facenti parte integrante ed allegati al Contratto di Appalto. Per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate d'acconto, il corrispettivo da accreditare nei S.A.L. è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, effettuato a misura, oltre le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite a seguito del Collaudo in corso d'opera. A completamento avvenuto di tutte le opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la Direzione dei Lavori provvederà, con le modalità suddette, al pagamento del residuo, deducendo le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla Commissione di Collaudo in corso d'opera.



#### 8.2.1 Conglomerati cementizi

I **conglomerati cementizi**, sia di fondazione che di elevazione, armati o semplici, normali o precompressi, saranno computati a volume, con metodi geometrici, secondo i corrispondenti tipi e classi, in base alle prescrizioni di cui alle presenti Norme Tecniche.

Le misurazioni di controllo, che saranno effettuate sul vivo (dedotti i vani o i materiali di diversa natura presenti nei suddetti conglomerati, dovranno essere contabilizzati con i relativi articoli di cui all'Elenco Prezzi.

In ogni caso, non saranno dedotti:

- i volumi del ferro di armatura;
- i volumi dei cavi per la precompressione;
- i vani di volume minore o uguale a  $0,20 \text{ m}^3$  ciascuno, intendendosi compreso l'eventuale maggiore magistero richiesto, anche per la formazione di feritoie regolari e disposte regolarmente

Si specifica, inoltre, che gli articoli di Elenco Prezzi comprendono tutti gli oneri descritti nelle presenti Norme Tecniche, con particolare riferimento a:

- la fornitura a piè d'opera di tutti i materiali occorrenti (aggregati, acqua, aggiunte minerali, additivi, acceleranti, ritardanti, leganti, ecc.;
- la mano d'opera;
- i ponteggi e le impalcature;
- le attrezzature ed i macchinari per la confezione;
- la sistemazione delle carpenterie e delle armature metalliche;
- l'esecuzione dei getti da realizzare senza soluzione di continuità, in modo da evitare ogni ripresa, impiegando anche manodopera su più turni ed in giornate festive (ove necessario);
- l'eventuale esaurimento dell'acqua nei casseri;
- la vibrazione;



- la predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature, ecc.;
- il taglio di filo, chiodi, reggette con funzione di legatura di collegamento dei casseri con la sigillatura degli incavi e la regolarizzazione delle superfici nel getto;
- la necessità di coordinare le attività, qualora l'Appaltatore dovesse affidare i lavori di protezione superficiale dei conglomerati cementizi a ditte specializzate;
- le prove ed i controlli, con la frequenza indicata nelle presenti Norme Tecniche, ovvero prescritta dalla Direzione Lavori e, infine, 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 quanto diversamente specificato nelle voci di elenco Prezzi;
- le centinature e le armature di sostegno delle casseforme, salvo quelle per getti di luce retta inferiore a quanto indicato nei relativi articoli di elenco Prezzi.

I suddetti articoli verranno contabilizzati con i relativi articoli di Elenco Prezzi.

Si prevede, inoltre, che nel caso di **sospensione dei getti** per effetto di un abbassamento della temperatura atmosferica ordinata dalla Direzione Lavori, l'Impresa non avrà diritto ad alcun risarcimento, come pure non potrà richiedere alcun compenso per particolari accorgimenti da adottarsi nel caso di esecuzione dei getti a basse temperature.

#### 8.2.2 Casseforme

Le **casseforme** saranno contabilizzate a parte, solo per quanto sia esplicitamente indicato negli articoli di Elenco Prezzi; i suddetti articoli comprendono tutti gli oneri, le forniture e le prestazioni relative a materiali, mano d'opera, noli, armo, disarmo, sfrido, trasporti, disarmanti, ecc.

In particolare, le casseforme saranno computate in base allo sviluppo delle facce interne a contatto del conglomerato cementizio, ad opera finita.



Le **armature di sostegno** verranno contabilizzate a parte, solo per quanto sia esplicitamente indicato negli articoli di Elenco Prezzi, che comprendono tutti gli oneri, le forniture e le prestazioni relative a materiali, mano d'opera, noli, armo, disarmo, sfrido, trasporti, disarmanti, ecc., necessari per la loro esecuzione.

#### 8.2.3 Acciaio per c.a. e c.a.p.

L'**acciaio** in barre per armatura di **conglomerati cementizi normali** sarà 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 sarà determinato con metodo analitico, misurando lo sviluppo teorico di progetto di ogni barra e moltiplicando per la corrispondente massa lineare nominale di progetto.

Relativamente al peso di **trefoli o trecce** di acciaio per le strutture in **conglomerato cementizio precompresso**, questo sarà determinato moltiplicando il loro sviluppo teorico (compreso tra le facce esterne degli apparecchi di appoggio) 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, pari a 7,85 kg/dm<sup>3</sup>.

Per quanto concerne, infine, il peso dell'acciaio per le strutture in conglomerato cementizio armato precompresso sia con il sistema a fili aderenti che con il sistema a cavi scorrevoli, questo sarà determinato moltiplicando lo sviluppo teorico di progetto dei cavi (compreso tra le facce esterne degli apparecchi di bloccaggio) per il numero dei fili ovvero dei fili componenti il cavo per il peso unitario dei fili stessi, calcolato in funzione del diametro nominale e della massa volumica dell'acciaio, pari a 7,85 kg/dm<sup>3</sup>.

Si evidenzia, inoltre, come l'articolo di Elenco Prezzi dell'acciaio per strutture in conglomerato cementizio armato precompresso comprenda la fornitura dell'acciaio, nonché la fornitura e la posa in opera dei materiali e dispositivi necessari alla realizzazione dei diversi tipi di sistemi di precompressione sopra citati, nonché tutti gli oneri necessari per dare l'acciaio in opera in perfetta regola d'arte.





## 9 NON CONFORMITÀ E SANZIONI

### 9.1 Conglomerati cementizi

Il calcestruzzo con **lavorabilità** inferiore, a discrezione della Direzione Lavori, potrà essere:

- respinto (l'onere della nuova fornitura in tal caso resta in capo all'Impresa);
- accettato se esistono le condizioni, in relazione alla difficoltà di esecuzione del getto, per poter conseguire un completo riempimento dei casseri ed una completa compattazione

Tutti gli oneri derivanti dalla maggior richiesta di compattazione restano a carico dell'Impresa.

In merito alla valutazione della sanzione prevista, qualora 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 in opera e, successivamente, una verifica della sicurezza.

Qualora tale verifica dia esito positivo, il conglomerato cementizio verrà accettato, ma il lotto non soddisfacente i requisiti richiesti verrà decurtato in misura pari al 15% del suo valore.

Nel caso in cui la resistenza caratteristica riscontrata risulti minore di quella richiesta di oltre il 10%, l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spesa, alla demolizione ed al rifacimento dell'opera, oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, dovranno essere formalmente approvati dalla Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista, per diventare operativi.

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**, ovvero **giunti speciali aperti a cuneo**, secondo i tipi approvati dalla Direzione Lavori, l'onere relativo all'esecuzione della sede del giunto, compreso quelli di eventuali casseforme, si intende compreso negli articoli di Elenco Prezzi per le murature in genere ed i conglomerati cementizi.

Nel caso di **ripristino di elementi strutturali**, con la frequenza che riterrà opportuna, la Direzione Lavori eseguirà in corso d'opera 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, oltre che 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 spesa, alla rimozione dei materiali già posti in opera ed al loro ripristino.

Qualora si evidenziassero **microfessure**, se l'incidenza dell'area fessurata risulterà inferiore al 20% dell'area totale di interventi, su tali superfici (o volumi) verrà applicata la sanzione del 25% per tutti i prezzi ed i sovrapprezzi con i quali è stato compensato il lavoro non idoneo.

Se l'incidenza delle aree fessurate sarà superiore al suddetto 20%, l'Impresa dovrà procedere, a sua cura e spese, alla rasatura ed alla protezione della superficie con filmogeni, di tipologia da concordare con la Direzione Lavori, in accordo con il Progettista.

Nel caso di **sistemi protettivi filmogeni**, qualora dalle prove eseguite risultassero valori inferiori rispetto a quelli richiesti, l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spesa, alla sostituzione dei materiali già posti in opera.

In corso d'opera, la Direzione Lavori effettuerà dei controlli dello **spessore sul film umido** della singola mano applicata, con le seguenti modalità:

- misura dello spessore mediante "pettine" di idonea gradazione, secondo le specifiche dell'ASTM D 4414 (o D 1212);



- per superfici globali da proteggere inferiori a  $2.000 \text{ m}^2$ , almeno una serie di 20 misure;
- per superfici globali da proteggere superiori a  $2.000 \text{ m}^2$ , almeno una serie di 40 misure;
- la serie di misure, se possibile, dovrà essere omogeneamente distribuita sulla superficie da verificare ed il suo valore medio non dovrà essere minore di quello di progetto; nel caso risulti un valore medio inferiore allo spessore di progetto, a sua cura e spese, l'Impresa provvederà ad integrare lo spessore mancante, mettendo in atto tutti gli accorgimenti necessari per la buona riuscita dell'integrazione

Le **superfici risonanti a vuoto** con il controllo al martello saranno verificate in contraddittorio e, su di esse, verrà applicata la sanzione del 25% per tutti i prezzi ed i 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.

Qualora dal **controllo della resistenza del calcestruzzo messo in opera**, non risultasse verificata la condizione  $R_{ck, STRUTT} \geq 85\% R_{ck}$  si procederà, a cura e spese dell'Impresa, ad un controllo teorico e/o sperimentale della struttura interessata dal quantitativo di conglomerato non conforme, sulla base del valore caratteristico della resistenza strutturale rilevata sullo stesso ( $R_{ck, STRUTT}$ ).

Tali controlli e verifiche formeranno oggetto di una **relazione supplementare**, nella quale si dimostri che, ferme restando le ipotesi di vincoli e di carico delle strutture, la resistenza è ancora compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, secondo le prescrizioni delle vigenti norme di legge.

NOTA Se tale relazione sarà approvata dalla Direzione Lavori, il calcestruzzo verrà contabilizzato in base al valore della resistenza caratteristica rilevata in opera.

Viceversa, nel caso in cui la resistenza non risulti compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, la Direzione dei Lavori valuterà come procedere in base alle seguenti ipotesi:

- consolidamento dell'opera o delle parti interessate da non conformità, se ritenuto tecnicamente possibile dalla D.L. sentito il progettista, con i tempi e i metodi che questa potrà stabilire anche su proposta dell'Impresa. Resta inteso che la decisione finale sarà in capo alla Direzione Lavori;
- demolizione e rifacimento dell'opera o delle parti interessate da non conformità.



Tutti gli oneri relativi agli accertamenti di cui sopra, compresi gli eventuali consolidamenti, demolizioni e ricostruzioni, restano in capo all'Impresa.

Nessun indennizzo o compenso sarà dovuto all'Impresa nel caso in cui il valore caratteristico della resistenza strutturale dovesse risultare maggiore di quella indicata nei calcoli statici, nei disegni di progetto e nella tabella di cui al già citato Allegato 1 al presente Capitolato.

NOTA Si specifica, inoltre, che la conformità nei riguardi della resistenza non implica necessariamente la conformità nei riguardi della durabilità o di altre caratteristiche specifiche del calcestruzzo messo in opera; pertanto, qualora non fossero rispettate le richieste di durabilità, la Direzione Lavori potrà ordinare all'Impresa di mettere in atto tutti gli accorgimenti (ad esempio, il ricoprimento delle superfici con guaine, la protezione con vernici o agenti chimici nebulizzati, ecc.) che saranno ritenuti opportuni e sufficienti alla garanzia della vita nominale dell'opera prevista dal progetto.

Tutti gli oneri derivanti dagli interventi anzidetti saranno a carico dell'Impresa.

## 9.2 Acciaio per c.a. e c.a.p.

Per le barre di acciaio zincato che non soddisfano i requisiti di cui alle UNI EN ISO 1461, relativamente alle caratteristiche delle protezioni anticorrosive e/o ad altre caratteristiche prestazionali, ma che comunque non concorrano a compromettere la resistenza dei dispositivi, si procederà all'applicazione di una sanzione in percentuale sul prezzo pari a quelle di seguito indicate:

- fino al 10% in meno di protezione anticorrosiva o di altre caratteristiche prestazionali, sanzione del 10%;
- dal 10% al 20% in meno di protezione anticorrosiva o di altre caratteristiche prestazionali, sanzione del 15%;
- oltre il 20% in meno di protezione anticorrosiva o di altre caratteristiche prestazionali, sostituzione dei materiali in difetto

## 10 COLLAUDO



Il Collaudatore, alla fine dei lavori di realizzazione delle opere, dovrà procedere al collaudo delle **opere in c.a. ed in c.a.p.**, allo scopo di accertarne la rispondenza alle indicazioni progettuali. Nel dettaglio, le attività di collaudo sono distinte nelle due tipologie di verifiche di seguito riportate, che devono essere attuate in sequenza:

- il **Collaudo tecnico amministrativo**, che consiste nella verifica puntuale della rispondenza tra opere realizzate ed opere progettate, con particolare riferimento alle caratteristiche geometriche e dimensionali delle opere, alle caratteristiche strutturali, a quelle acustiche dei singoli componenti e, quindi, del sistema nel complesso, oltre che della rispondenza dei valori indicati nei Rapporti di Prova e nella Marcatura CE specificati nel progetto;
- la verifica dell'avvenuta mitigazione acustica, da attuare attraverso l'esecuzione di rilevazioni fonometriche in corrispondenza di punti di misura significativi, da individuare congiuntamente con la Direzione Lavori.

**NOTA** La non rispondenza di una o più delle verifiche di cui al primo punto non consente l'esecuzione delle verifiche di cui al secondo, ciò, in quanto, tali non rispondenze sono da imputarsi ad errori di esecuzione e, di conseguenza, rendono non collaudabile e liquidabile il lavoro.

## 11 MANUTENZIONE

### 11.1 Contenuti ed articolazione del Piano di Manutenzione

Sulla base di quanto indicato all'art.38 del D.P.R. n.207/2010, che riporta il "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n.163 e s.m.i., recante il «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE», il **Piano di Manutenzione** è costituito dai seguenti **documenti operativi**:

- **Manuale d'uso**, che riporta i metodi di ispezione da utilizzare allo scopo di individuare i possibili guasti che possono influenzare la durabilità del bene, la cui risoluzione consente di garantire l'allungamento della vita utile del sistema antirumore ed il mantenimento del valore patrimoniale dello stesso;
- **Manuale di manutenzione**, che costituisce lo strumento in grado di gestire un contratto di manutenzione ordinaria e l'eventuale ricorso ai centri di assistenza o di servizio;



- **Programma di manutenzione**, che definisce e programma gli interventi necessari a garantire la funzionalità, la durabilità ed il corretto esercizio del manufatto, nonché la frequenza, gli oneri e le strategie di attuazione degli interventi da realizzare nel medio e nel lungo periodo; in particolare, tale programma deve essere definito in funzione delle prestazioni attese (per classe di requisito), dei controlli da eseguire nei successivi momenti del ciclo di vita dell'opera (dinamica delle prestazioni), oltre che dell'organizzazione temporale degli interventi di manutenzione da realizzare.

Si ritiene comunque opportuno evidenziare come, già nelle fasi di esecuzione delle scelte progettuali e costruttive, si dovrà tener conto dell'esigenza di minimizzare la necessità di prevedere interventi di manutenzione sulle opere realizzate.

## 12 **NORMATIVE E RIFERIMENTI**

Le presenti prescrizioni si intendono integrative delle Norme Tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008, emanate in applicazione all'art. 52 del DPR n° 380 del 06/06/2001.

I lavori e le verifiche saranno eseguiti in accordo alle disposizioni di legge, alle istruzioni ed alle normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento.

In ogni caso, viene considerata valida l'edizione della norma vigente al momento del ritiro dei documenti di gara, nonché gli eventuali aggiornamenti sopravvenuti successivamente, purché concordati tra le parti.

Gli elaborati di progetto dovranno indicare tutte le tipologie di calcestruzzo ed i tipi di acciaio da impiegare.

### 12.1 **Leggi e normative sugli aspetti strutturali**

- Legge 5 novembre 1971, n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" (G.U. n. 321 del 21.12.1971);



- Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 6 giugno 2001 "Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia" (S.O. n. 239 alla G.U. n. 245 del 20-10-2001);
- D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni" (S.O. n. 30 alla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008) e norme o documenti esplicitamente richiamati dal Decreto Ministeriale;
- Circolare esplicativa al D.M. 14 gennaio 2008, n. 617 del 2 febbraio 2009 (S.O. n. 27 alla G.U. n. 47 del 26-02-2009)
- Decreto Ministeriale 31 luglio 2012, che riporta la "Approvazione delle appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici"
- Norma UNI EN 1990 "Eurocodice - Criteri generali di progettazione strutturale"
- Norma UNI EN 1991 "Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture" Parti 1-2-3-4-5-6-7
- Norma UNI EN 1997 "Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica" Parti 1-2
- Norma UNI EN 1998-5 "Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica"

## 12.2 Leggi e normative inerenti il rilascio della Marcatura CE

- UNI EN ISO 1460
- UNI EN ISO 1461
- UNI EN ISO 9001
- UNI EN ISO 14001
- UNI EN 196-7
- UNI EN 197-1
- UNI EN 206
- UNI EN 445
- UNI EN 446



Coordinamento Territoriale/Direzione  
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO  
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2  
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0  
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

- UNI EN 450
- UNI EN 447
- UNI EN 480
- UNI EN 933
- UNI EN 934
- UNI EN 1008
- UNI EN 1504
- UNI EN 1097
- UNI EN 1179
- UNI EN 1992 (Eurocodice 2)
- UNI EN 10204
- UNI EN 12620
- UNI EN 12350
- UNI EN 12390
- UNI EN 12504
- UNI EN 13055
- UNI EN 13263
- UNI EN 13670-1
- UNI EN 14487
- UNI EN 14488
- UNI EN 14651
- UNI EN 14721





- UNI EN 14889
- UNI EN 15167
- UNI EN 45012
- UNI CEN/TS 14754
- UNI 6556
- UNI 7122
- UNI 7123
- UNI 8146
- UNI 8148
- UNI 8520
- UNI 8866
- UNI 9606
- UNI 11039
- UNI 11104
- UNI 11146
- UNI 11201
- UNI 11307
- UNI 11417-1
- UNI 11417-2
- UNI 111039
- ASTM C1609
- ASTM D 1212



Coordinamento Territoriale/Direzione  
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO  
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2  
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0  
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

- ASTM D 4414
- BS 1881
- CNR DT 204/2006 Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Strutture di Calcestruzzo Fibro-rinforzato



## 13 APPENDICE

### 13.1 Caratteristiche dei materiali costituenti i conglomerati cementizi

#### 13.1.1 Cemento

##### 13.1.1.1 Considerazioni generali

Il **cemento** deve essere scelto tra quelli considerati più idonei, tenendo in considerazione:

- le condizioni stagionatura influenti sui tempi di presa ed indurimento;
- le dimensioni della struttura ed i relativi gradienti termici derivanti dallo sviluppo di calore di idratazione;
- l'esposizione agli specifici agenti aggressivi;
- la potenziale reattività degli aggregati nel cemento

In particolare, qualora vi sia l'esigenza di eseguire **getti massivi**, al fine di limitare l'innalzamento della temperatura all'interno del getto in conseguenza della reazione di idratazione del cemento, sarà opportuno utilizzare cementi comuni a basso calore di idratazione contraddistinti dalla sigla LH, contemplati dalla norma UNI EN 197-1.

Se è prevista una classe di esposizione XA, secondo le indicazioni della norma UNI EN 206 o della norma UNI 11104, conseguente ad un'**aggressione di tipo solfatico**, sarà necessario utilizzare **cementi resistenti ai solfati**, in accordo con la UNI EN 197-1 § 6.2.

In caso la classe di esposizione XA sia dovuta al **contatto del conglomerato con acque dilavanti**, è consigliabile l'impiego di **cementi resistenti al dilavamento** secondo UNI 9606.

In caso di **esposizione dell'opera ai cloruri** con le solette da ponte, è raccomandabile l'impiego di **cementi pozzolanici o d'altoforno**, come specificato anche nella UNI 11417-1.



Nel caso di **possibile rischio di reazione alcali-aggregati**, è raccomandabile l'impiego di **cementi con contenuto di alcali ridotto e/o di tipo pozzolanico**, conformemente a quanto indicato nella UNI 11417-2.

La temperatura del cemento al momento del confezionamento del calcestruzzo non dovrà superare il valore di 55°C.

#### *13.1.1.2 Controlli sul cemento*

##### **Controllo della documentazione**

In cantiere o presso l'impianto di preconfezionamento del calcestruzzo, è ammessa esclusivamente la fornitura di cementi di cui al precedente par. 13.1.2.1.

Tutte le forniture di cemento devono essere accompagnate dall'attestato di conformità CE e dalla scheda tecnica indicante le caratteristiche chimico-fisiche del cemento.

Le forniture effettuate da un intermediario, ad esempio un importatore, dovranno essere accompagnate dall'Attestato di Conformità CE rilasciato dal produttore di cemento e completato con i riferimenti ai Documenti di Trasporto dei lotti consegnati dallo stesso intermediario.

La Direzione dei Lavori è tenuta a verificare periodicamente quanto sopra indicato; in particolare, la corrispondenza del cemento consegnato, come rilevabile dalla documentazione anzidetta, con quello previsto per la realizzazione dei calcestruzzi.

##### **Controllo di accettazione**

La Direzione dei Lavori potrà richiedere controlli di accettazione sul cemento in arrivo in cantiere; in particolare, nel caso in cui il calcestruzzo sia prodotto da impianto di preconfezionamento installato all'interno del cantiere stesso e non operante con processo industrializzato (di cui al precedente par. 6.1).

Il prelievo del cemento dovrà avvenire al momento della consegna, in conformità alla norma UNI EN 196-7.



L'Impresa dovrà assicurarsi, prima del campionamento, che il sacco da cui si effettua il prelievo sia in perfetto stato di conservazione o, alternativamente, che l'autobotte sia ancora munita di sigilli; il campionamento sarà effettuato in contraddittorio con un rappresentante del produttore di cemento.

Il controllo di accettazione di norma potrà avvenire indicativamente ogni 5.000 tonnellate di cemento consegnato.

Il campione di cemento prelevato sarà suddiviso in almeno tre parti di cui una verrà inviata ad un Laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 scelto dalla Direzione dei Lavori, un'altra è a disposizione dell'impresa e la terza rimarrà custodita, in un contenitore sigillato, per eventuali controprove. Nel caso di specifici requisiti composizionali, potrà essere richiesta la verifica di alcuni parametri, quali ad esempio il contenuto di alcali, il calore d'idratazione, il contenuto di C3A.

### 13.1.2 Aggiunte minerali

#### 13.1.2.1 Considerazioni generali

Le aggiunte di tipo I (praticamente inerti), sia di origine naturale che artificiale, dovranno essere conformi ai requisiti previsti nella UNI EN 12620 per i filler.

Per le aggiunte di tipo II (pozzolaniche o ad attività idraulica latente), si farà riferimento alla UNI 11104 § 4.2 ed alla UNI EN 206 § 5.1.6 e § 5.2.5.

La conformità delle aggiunte alle relative norme dovrà essere dimostrata in fase di verifica preliminare delle miscele di cui al successivo precedente 6 e, in seguito, ogni qualvolta la Direzione dei Lavori ne faccia richiesta.

Tutte le forniture di cemento devono essere accompagnate dall'attestato di conformità CE e dalla scheda tecnica indicante le caratteristiche chimico-fisiche e prestazionali delle aggiunte.

Le aggiunte di tipo II indicate nella UNI EN 206 § 5.1.6 possono essere prese in conto nella composizione del calcestruzzo introducendo il coefficiente  $k$ , definito al § 5.2.5.1 della UNI-EN 206.

Utilizzando un adeguato valore del coefficiente  $k$ , funzione del tipo di aggiunta e del tipo di cemento con il quale essa viene combinata, nella valutazione del rispetto dei limiti composizionali contenuti nel Prospetto F.1 della UNI EN 206 e nel prospetto 4 della UNI 11104, sarà possibile:



- sostituire il rapporto "a/c" del calcestruzzo con il rapporto " $a/(c + k \times \text{aggiunta})$ ";
- sostituire il dosaggio di cemento del calcestruzzo "c" con la quantità " $c + k \times \text{aggiunta}$ "

#### 13.1.2.2 Ceneri volanti

Le ceneri volanti (cv) provenienti dalla combustione del carbone, ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunte di tipo II, devono essere conformi ai requisiti della UNI EN 450/1,2 sintetizzati nella tabella riportata nell'Allegato 2 al presente Capitolato (par.14.2) e provviste di marcatura CE, in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata. Le ceneri non conformi alla UNI EN 450, ma conformi alla UNI EN 12620, possono essere utilizzate nel calcestruzzo come aggregato.

Nella seguente Tabella 13 sono riportati i valori del coefficiente k per le ceneri volanti, distinti in funzione del tipo di cemento.

Tabella 13: **Valori del coefficiente k per ceneri volanti conformi alla UNI EN 450** (Prosp. 3, UNI 11104)

Tipo di cemento	Classi di resistenza	Valori di k
CEM I	32.5 N, R	0.2
CEM I	42.5 N, R 52.5 N, R	0.4
CEM II/A	32.5 N, R 42.5 N, R	0.2
CEM III/A	32.5 N, R 42.5 N, R	0.2



CEM IV/A	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	
CEM V/A	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	

Valgono le seguenti limitazioni:

- in caso di utilizzo con CEM I, il rapporto in massa  $c_v/c$  non deve essere superiore a 0,33;
- in caso di utilizzo con CEM II/A, il rapporto in massa  $c_v/c$  non deve essere superiore a 0,25;
- la quantità  $(c + k \times c_v)$  non deve essere inferiore al dosaggio minimo di cemento richiesto per la specifica classe di esposizione;
- il rapporto  $a/(c + k \times c_v)$  non deve essere inferiore al valore massimo del rapporto  $a/c$  richiesto per la specifica classe di esposizione

Le normative attualmente in vigore non definiscono un valore limite del rapporto in massa  $c_v/c$  nel caso di utilizzo in combinazione con cementi diversi dal CEM I e dal CEM II/A.

In attesa di ulteriori sviluppi normativi, si prescrive un valore limite pari a 0,20 del rapporto in massa  $c_v/c$  nel caso di utilizzo in combinazione con CEM III/A, CEM IV/A e CEM V/A.

Nel caso di utilizzo di quantitativi di cenere superiori a quelli sopra indicati, il quantitativo in eccesso non potrà essere utilizzato nel calcolo della quantità  $(c + k \times c_v)$  e del rapporto  $a/(c + k \times c_v)$ .

Nel caso vengano impiegate ceneri di classe B o C, con tenore di incombusto  $> 5\%$ , particolare attenzione dovrà essere posta alla verifica della costanza dei risultati nel raggiungimento della lavorabilità, delle prestazioni meccaniche, del contenuto di aria inglobata e, ove richiesto, anche di aspetti estetici legati alla risalita dell'incombusto in superficie.



### 13.1.2.3 Fumo di silice

Il **fumo di silice** (fs) proveniente dalle industrie che producono il silicio metallico e le leghe ferro-silicio, al fine dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunta di tipo II, deve essere conforme ai requisiti della UNI EN 13263 parti 1 e 2 per fumi di silice di classe 1, sintetizzati nella tabella riportata nell'Allegato 3 al presente Capitolato (par.14.3) e provvisto di marcatura CE, in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata.

Il **fumo di silice** può essere utilizzato allo stato naturale (in polvere così come ottenuto all'arco elettrico), addensato in particelle di maggiori dimensioni, o come sospensione liquida (c.d. "slurry") di particelle con contenuto secco del 50% in massa, oppure in sacchi di premiscelato contenenti fumo di silice ed additivo superfluidificante. Se impiegato in forma di slurry, il quantitativo di acqua apportato dalla sospensione contenente fumo di silice dovrà essere tenuto in conto nel calcolo del rapporto acqua/cemento equivalente.

Ai fini del **calcolo del rapporto a/c equivalente e del dosaggio di cemento equivalente**, il coefficiente k verrà desunto dal prospetto seguente, che deve intendersi generalmente riferito a fumi di silice utilizzati nel confezionamento di calcestruzzi, impiegando esclusivamente cementi tipo I e CEM II-A di classe 42, 5N e 42,5R conformi alla UNI EN 197-1:

- per un rapporto acqua/cemento prescritto  $\leq 0,45$   $k = 2,0$
- per un rapporto acqua/cemento prescritto  $> 0,45$   $k = 2,0$  (eccetto  $k = 1,0$  in presenza delle classi di esposizione XC e XF)

L'impiego di **fumo di silice** con cementi diversi da quelli sopra menzionati è subordinato all'approvazione preliminare della Direzione dei Lavori.

Valgono le seguenti **limitazioni**:

- la quantità (cemento +  $k \times fs$ ) non deve essere inferiore al dosaggio minimo di cemento richiesto per la specifica classe di esposizione;
- il dosaggio minimo di cemento non deve essere diminuito più di  $30 \text{ kg/m}^3$  per calcestruzzi in classi di esposizione per le quali il dosaggio minimo di cemento è  $\leq 300 \text{ kg/m}^3$ ;
- il rapporto  $a/(c + k \times fs)$  non deve essere inferiore al valore massimo del rapporto a/c richiesto per la specifica classe di esposizione;
- la quantità massima di fumo di silice che può essere considerata agli effetti del calcolo della quantità  $(c + k \times fs)$  e del rapporto  $a/(c + k \times fs)$  deve soddisfare il requisito:  $fs/c \leq 0.11$





#### 13.1.2.4 Loppa d'altoforno macinata

La **loppa d'altoforno macinata** (ggbbs), ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunta di tipo II, deve essere conforme ai requisiti della UNI EN 15167 parti 1 e 2 sintetizzati nella tabella riportata nell'Allegato 4 al presente Capitolato (par.14.4) e provvista di marcatura CE, in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata.

Per la **loppa d'altoforno macinata** conformi alla UNI EN 15167, impiegata in combinazione con cementi tipo CEM I e CEM II/A conformi alla UNI EN 197-1, si potrà assumere un valore di  $k = 0,60$ .

La **quantità massima di loppa d'altoforno macinata** che può essere considerata agli effetti del calcolo della quantità  $(c + k \times \text{ggbbs})$  e del rapporto  $a/(c + k \times \text{ggbbs})$  deve soddisfare il requisito:

- $\text{ggbbs}/c \leq 1$

#### 13.1.2.5 Altri tipi di aggiunta minerale ad attività pozzolanica

Altri tipi di aggiunte minerali ad attività pozzolanica, diversi da quelli sopra menzionati, possono essere impiegati se in possesso di specifico Benestare Tecnico Europeo o di Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego in ambito nazionale rilasciato del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

In assenza di tali certificazioni, questi tipi di aggiunta potranno essere considerati solo come aggiunte di tipo I con relativo obbligo di conformità ai requisiti previsti nella UNI EN 12620 per i filler.

### 13.1.3 Aggregati

Gli **aggregati** impiegati per il confezionamento del calcestruzzo potranno provenire da vagliatura e trattamento dei materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava; essi dovranno possedere marcatura CE secondo il D.P.R. n. 246/93 e successivi decreti attuativi. Copia della documentazione dovrà essere custodita dalla Direzione dei Lavori e dall'Impresa. In assenza di tali certificazioni, il materiale non potrà essere posto in opera e dovrà essere allontanato e sostituito con materiale idoneo.



L'attestazione di marcatura CE dovrà essere consegnata alla Direzione Lavori ad ogni eventuale cambiamento di cava.

Gli **aggregati** saranno conformi ai requisiti delle norme UNI EN 12620 e UNI 8520-2 con i relativi riferimenti alla destinazione d'uso del calcestruzzo (§ 4.8 della UNI 8520-2) sintetizzati nella tabella riportata nell'Allegato 5 al presente Capitolato (par. 14.5).

La **massa volumica media** del granulo in condizioni s.s.a. (saturo a superficie asciutta) deve essere pari o superiore a  $2.300 \text{ kg/m}^3$ . A questa prescrizione si potrà derogare solo in casi di comprovata impossibilità di approvvigionamento locale, purché sia dimostrato, mediante adeguato studio sui calcestruzzi da confezionare, che vengano rispettate le prescrizioni in termini di resistenza caratteristica a compressione e di durabilità. Per opere caratterizzate da un elevato rapporto superficie/volume, laddove assume un'importanza predominante la minimizzazione del ritiro igrometrico del calcestruzzo, occorrerà preliminarmente verificare che l'impiego di aggregati di minore massa volumica non determini un incremento del ritiro rispetto ad un analogo conglomerato confezionato con aggregati di massa volumica media maggiore di  $2.300 \text{ kg/m}^3$ .

Per i calcestruzzi con classe di resistenza a compressione maggiore di C(50/60) dovranno essere utilizzati aggregati di massa volumica maggiore di  $2.600 \text{ kg/m}^3$ .

È consentito l'uso di **aggregati grossi provenienti da riciclo** anch'essi con obbligo di marcatura CE, nel rispetto delle limitazioni imposte dal § 11.2.9.2 del D.M. 14/01/2008, purché l'utilizzo non pregiudichi alcuna caratteristica del calcestruzzo, né allo stato fresco, né indurito (si veda nota del succitato Allegato 5 par. 14.5).

Per **diametri massimi** fino a 12mm, è consentita la combinazione di sole due classi granulometriche. Oltre tale limite, dovrà essere invece prevista la combinazione di almeno 3 classi.

#### 13.1.4 Acqua di impasto

Per la produzione del calcestruzzo dovranno essere impiegate le acque potabili e quelle di riciclo conformi alla UNI EN 1008:2003, secondo quanto sintetizzato nella tabella riportata nell'Allegato 6 al presente Capitolato (par.14.6).



#### 13.1.5 Additivi

Gli **additivi** per la produzione del calcestruzzo devono possedere la marcatura CE ed essere conformi, in relazione alla particolare categoria di prodotto cui essi appartengono (riduttori d'acqua/ fluidificanti, riduttori d'acqua ad alta efficacia/superfluidificanti, ritardanti, acceleranti, aeranti, modificatori di viscosità, ecc.), ai requisiti imposti dai rispettivi prospetti della norma UNI EN 934 (parti 2, 3, 4 e 5).

I prodotti filmogeni antievaporanti dovranno essere conformi alla norma UNI CEN/TS 14754-1.

Il loro utilizzo deve anche prevedere la verifica che il materiale impiegato sia compatibile con prodotti di successive lavorazioni (ad esempio, con primer di adesione). In caso contrario, prima di eseguire il successivo getto, si deve procedere a ravvivare la superficie.

Per altri additivi che non rientrano nelle classificazioni della norma armonizzata, si dovrà verificarne l'idoneità all'impiego in funzione dell'applicazione e delle proprietà richieste per il calcestruzzo.

Ad esempio, nel caso di impiego di additivi riduttori di ritiro (SRA) non rientranti nella UNI EN 934, dovrà essere verificata l'entità di riduzione di ritiro igrometrico secondo UNI 11307:2008, ai dosaggi di impiego previsti, rispetto ad un calcestruzzo di pari composizione, privo dell'additivo.

È onere dell'Impresa verificare preliminarmente i dosaggi ottimali di additivo per conseguire le prestazioni reologiche, fisiche e meccaniche richieste oltre che per valutare eventuali effetti indesiderati. Per la produzione degli impasti, è opportuno che vi sia un impiego costante di additivi fluidificanti/riduttori di acqua o superfluidificanti/riduttori di acqua ad alta efficacia, per limitare il contenuto di acqua di impasto, migliorare la stabilità dimensionale del calcestruzzo e la durabilità delle opere.

La percentuale d'acqua contenuta negli additivi dovrà essere computata nel calcolo del rapporto acqua-cemento, qualora il dosaggio degli additivi superi i 3 litri /m<sup>3</sup>.

Per le riprese di getto si potrà far ricorso all'utilizzo di ritardanti di presa e degli adesivi per riprese di getto; in ogni caso, dovrà essere evitata qualsiasi soluzione di continuità degli elementi strutturali (vedi par. 7.3.5).

Nel periodo invernale, al fine di evitare i danni derivanti dalla azione del gelo, in condizioni di maturazione al di sotto dei 5 °C, oltre che agli additivi superfluidificanti, si farà ricorso all'utilizzo di additivi acceleranti di presa e di indurimento privi di cloruri (vedi par. 7.3.3).



Per le strutture sottoposte all'azione del gelo e del disgelo, si farà ricorso all'impiego di additivi aeranti come prescritto dalle norme UNI EN 206 e UNI 11104. Particolare attenzione andrà posta, in questo caso, alla stabilità dell'aria sviluppata nella miscelazione durante il trasporto e nel caso di impiego di ceneri volanti. La percentuale di aria inglobata andrà comunque verificata al momento del getto, mediante misura sia della massa volumica allo stato fresco, secondo UNI EN 12350/6, sia del volume di aria inglobata, secondo UNI EN 12350/7.

Nel caso di impiego di calcestruzzi auto compattanti (SCC), potrà essere previsto l'impiego di modificatori della viscosità conformi alla UNI EN 934-2 e caratterizzati secondo la UNI EN 480-15.

Tutte le forniture degli additivi dovranno essere accompagnate dall'attestato di conformità CE o, in assenza di norma armonizzata con obbligo di marcatura CE, da altra certificazione del produttore secondo le norme volontarie in vigore e dalla scheda tecnica indicante le caratteristiche chimico-fisiche e prestazionali dei prodotti.

La Direzione Lavori, oltre a verificare suddetta documentazione, in fase di accettazione potrà richiedere la verifica di alcune caratteristiche come indicato nella tabella riportata nell'Allegato 7 al presente Capitolato (par. 14.7).

#### 13.1.6 Agenti espansivi non metallici

Per il confezionamento di **calcestruzzi a ritiro compensato** (vedi par. 6.2.1.3) si potrà fare uso di **agenti espansivi non metallici**, per lo più a base di ossido di calcio, conformi alla UNI 8146, come sintetizzato nella tabella riportata nel succitato Allegato 7 (par.14.7); in particolare:

- i tempi di inizio e fine presa misurati secondo UNI 7123 del calcestruzzo contenente l'agente espansivo non devono variare di più di  $\pm 30$ min rispetto a quelli del calcestruzzo non additivato di pari classe di consistenza;
- la resistenza a compressione a 28 giorni, misurata secondo UNI EN 12390/3 sul calcestruzzo contenente l'agente espansivo, non deve risultare inferiore a quella del calcestruzzo non additivato di pari classe di consistenza;
- l'espansione contrastata secondo UNI 8148:
  - con metodo A (a 20°C in acqua satura di calce) dovrà essere a 7 giorni  $> 200 \mu\text{m/m}$ ; a 28 giorni non inferiore di quella registrata a 7 giorni;



- con metodo B (a 20°C nei primi 2 gg a UR >95% e con protezione di pellicola plastica, poi all'aria con UR 55+5%), la norma non prevede dei limiti, che andranno concordati con il produttore (si vedano par.13.3.11.6 e par. 6.2.1.3).

La fornitura degli espansivi dovrà essere accompagnata da una certificazione del produttore, che attesti la conformità del prodotto ai requisiti sopraelencati e dalla scheda tecnica indicante le caratteristiche chimico-fisiche e prestazionali dei prodotti.

La Direzione Lavori, oltre a verificare suddetta documentazione, in fase di accettazione potrà richiedere la verifica di alcune caratteristiche come indicato nella tabella di cui in Allegato 7 (par. 14.7).

## 13.2 Fibre

### 13.2.1 Fibre per uso strutturale

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- Fibre per uso strutturale per opere all'aperto:
- B.05.018 FIBRE DI POLIPROPILENE
- B.05.019 FIBRE IN ACCIAIO PER ARMATURA DI CALCESTRUZZO
- Fibre per uso strutturale per opere in sotterraneo:
- C.02.012 FIBRE IN ACCIAIO PER ARMATURA DI CALCESTRUZZO IN GALLERIA

#### 13.2.1.1 Caratteristiche tecniche

Per il confezionamento di calcestruzzi fibro-rinforzati o di calcestruzzi proiettati si potranno impiegare le seguenti fibre per uso strutturale:



- metalliche conformi alla UNI EN 14889-1;
- polimeriche conformi alla UNI EN 14889-2.

Le fibre metalliche in acciaio presentano un elevato rapporto d'aspetto (definito come il rapporto tra la lunghezza della fibra e il suo diametro equivalente) e per migliorare ulteriormente l'ancoraggio delle fibre al calcestruzzo, le estremità spesso vengono sagomate.

Le fibre polimeriche in polipropilene ad alto modulo elastico oltre a contrastare il fenomeno fessurativo della matrice cementizia garantiscono un aumento della resistenza a trazione del calcestruzzo. Possono avere diverse forme, oltre a quella semplicemente rettilinea

Le fibre per uso strutturale comunemente impiegate nei materiali cementizi, hanno una lunghezza variabile tra 1 e 80 mm e un rapporto d'aspetto compreso tra 50 e 400.

Il dosaggio minimo delle fibre per uso strutturale deve essere  $\geq$  allo 0,3% in volume. I dosaggi normalmente impiegati per le fibre in acciaio variano da 25 a 60 kg/m<sup>3</sup> cui corrispondono percentuali volumetriche comprese tra 0,30% e 0,75%.

Relativamente alle fibre metalliche e polimeriche la Direzione Lavori, oltre a verificare la presenza dell'attestato di conformità CE e della scheda tecnica indicante le caratteristiche chimico-fisiche e prestazionali dei prodotti - in fase di accettazione - potrà richiedere la verifica di alcune caratteristiche, come indicato nella tabella di cui al succitato Allegato 8, par. 14.8, oltre che come riportato anche al successivo par. 2.2.1 per i calcestruzzi fibro-rinforzati.

### 13.3 Caratteristiche dei conglomerati cementizi

#### 13.3.1 Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati

Gli aggregati per il confezionamento del calcestruzzo, oltre a soddisfare le prescrizioni precedentemente riportate, dovranno appartenere a non meno di tre classi granulometriche diverse.

La percentuale di impiego di ogni singola classe granulometrica verrà stabilita dal produttore con l'obiettivo di conseguire la massima densità dell'impasto, garantendo i requisiti di lavorabilità e di resistenza alla segregazione di cui ai punti seguenti.



La curva granulometrica ottenuta dalla combinazione degli aggregati disponibili, inoltre, sarà quella capace di soddisfare le esigenze di posa in opera richieste dall'impresa (ad esempio, il pompaggio), quelle di resistenza meccanica a compressione e di durabilità richieste per il conglomerato.

La dimensione nominale massima dell'aggregato (DMAX) è funzione delle dimensioni dei copriferri ed interferri, delle caratteristiche geometriche delle casseforme, delle modalità di getto e del tipo di mezzi d'opera. Essa sarà definita dalle prescrizioni di progetto per ciascuna tipologia di calcestruzzo (vedi Tabella 2 riportata nel successivo par. 2.2).

In assenza di altro specifico riferimento, si considerino le seguenti limitazioni:

- $DMAX < \text{copriferro}$
- $DMAX < \text{interferro minimo} - 5 \text{ mm}$
- $DMAX < \frac{1}{4} \text{ della sezione minima della struttura}$

### 13.3.2 Lavorabilità

La **misura della lavorabilità** verrà condotta in accordo alla UNI-EN 206 e UNI EN 206-9 (Regole complementari per il calcestruzzo autocompattante), dopo aver proceduto a scaricare dalla betoniera almeno  $0,3 \text{ m}^3$  di calcestruzzo, ovvero a 1/5 dello scarico, e sarà effettuata mediante differenti metodologie.

In particolare, la lavorabilità del calcestruzzo dovrà essere definita mediante:

- tempo di vibrazione Vebè (UNI EN 12350-3), in caso di calcestruzzi a consistenza asciutta soprattutto se con comportamento tixotropico;
- il valore dell'abbassamento al cono di Abrams (UNI-EN 12350-2), che definisce la classe di consistenza o uno slump numerico di riferimento oggetto di specifica, per abbassamenti fino a 230 mm;
- la misura del diametro di spandimento alla tavola a scosse (UNI-EN 12350-5), per abbassamenti superiori a 230 mm; la ripetizione della misura di spandimento dopo 60' dal confezionamento potrà essere indicata per il controllo della segregazione della miscela;



- per i calcestruzzi autocompattanti (SCC), la misura dello spandimento (slump-flow) e del tempo di spandimento (UNI-EN 12350-8) e della segregazione mediante setacciatura (UNI EN 12350-11). In relazione alla severità delle condizioni di getto (funzione ad esempio della densità delle armature, della geometria della struttura, della distanza di scorrimento), una eventuale caratterizzazione reologica più completa potrà essere richiesta secondo le procedure delle UNI-EN 12350 - 9, 10 e 12

I limiti e le tolleranze per le varie **classi di consistenza** sono quelli definiti nel prospetto 11 della UNI EN 206 e nella UNI EN 206-9 per i calcestruzzi auto compattanti.

Se il conglomerato cementizio viene pompato, il valore della lavorabilità dovrà essere misurato prima dell'immissione nella pompa.

#### 13.3.3 Rapporto acqua/cemento

Il **quantitativo di acqua efficace**  $a_{eff}$  da prendere in considerazione nel calcolo del rapporto a/c equivalente è quello realmente a disposizione dell'impasto, dato dalla somma di:

- ( $a_{agg}$ ): quantitativo di acqua ceduto o sottratto dall'aggregato se caratterizzato rispettivamente da un tenore di umidità maggiore o minore dell'assorbimento (cioè del tenore di umidità che individua la condizione di saturo a superficie asciutta);
- ( $a_{add}$ ): aliquota di acqua introdotta tramite gli additivi liquidi (se utilizzati in misura superiore a 3 l/m<sup>3</sup>) o le aggiunte minerali in forma di slurry;
- ( $a_m$ ): aliquota di acqua introdotta nel mescolatore/autobetoniera;

ottenendo la formula:

$$a_{eff} = a_m + a_{agg} + a_{add}$$

Il **rapporto acqua/cemento** sarà quindi da considerarsi come un rapporto acqua/cemento equivalente, individuato dall'espressione più generale:

$$\left(\frac{a}{c}\right)_{eq} = \frac{a_{eff}}{(c + K_{cv} * cv + K_{fs} * fs)}$$

nella quale vengono considerate le eventuali **aggiunte di tipo II** (vedi precedente par. 13.1.2) all'impasto nell'impianto di betonaggio.





I termini utilizzati nell'espressione precedente sono:

- $c$ : dosaggio di cemento per  $m^3$  di impasto;
- $agg_{II}$ : dosaggio dell'aggiunta minerale di tipo II (ceneri volanti, fumo di silice, loppa d'altoforno o altra sottoposta a benessere tecnico europeo) per  $m^3$  di impasto;
- $K_{II}$ : coefficiente di equivalenza della aggiunta minerale di tipo II desunti dalle norme UNI-EN 206 ed UNI 11104 (vedi precedenti par. 13.1.2.2, par. 13.1.2.3 e par. 13.1.2.4), ovvero da uno specifico benessere tecnico europeo

L'attuale panorama normativo non consente di valutare uno o più coefficienti  $K_{II}$  da utilizzare nel caso di uso combinato di più aggiunte minerali di tipo II. In tal caso, sarà pertanto possibile considerare, ai fini del calcolo del rapporto  $(a/c)_{eq}$  soltanto una delle aggiunte utilizzate.

La stessa limitazione vale anche per la definizione del dosaggio complessivo di legante, ai fini del confronto con il valore di  $c_{min}$  prescritto nel prospetto F della UNI EN 206 e nel prospetto 4 della UNI 11104.

Le **modalità per la verifica del rapporto acqua-cemento** in corso d'opera si articolano in tre fasi:

- in fase di carico della miscela all'impianto di betonaggio, attraverso il controllo della taratura delle sonde di lettura dell'umidità degli aggregati mediante essiccazione diretta degli stessi prima del carico e della verifica dei dosaggi effettivi e della resa dei vari componenti risultanti dai tabulati di carico tenendo conto dell'umidità degli aggregati, del loro assorbimento d'acqua e della misura diretta della massa volumica a fresco;
- in cantiere o all'impianto di betonaggio, attraverso la misura della densità di un campione di calcestruzzo e della sua essiccazione secondo la procedura UNI 11201. Secondo questo metodo di misura l'acqua efficace viene calcolata sottraendo a quella totale direttamente misurata la quantità di acqua assorbita dagli aggregati desunta dalle percentuali calcolate nella rese delle pesate dell'impianto. Anche il rapporto acqua-cemento viene calcolato sulla base del dosaggio di cemento risultante dalla resa volumetrica del calcestruzzo campionato rilevata nella prima fase di verifica;
- in fase di controllo di accettazione della resistenza caratteristica, verificando che il valore della resistenza media corrisponda al valore ottenuto durante la fase di qualifica della miscela e che il valore caratteristico, calcolato secondo il tipo di controllo di accettazione prescelto (vedi successivo par. 5.1), sia comunque superiore al valore minimo prescritto



Il valore del rapporto a/c registrato nelle prove di prequalifica con tutte le tre fasi di verifica non deve discostarsi di  $\pm 0.02$  da quello nominale.

Nelle fasi qualifica e di accettazione in cantiere, il rapporto a/c non deve discostarsi di  $\pm 0.03$  da quello verificato in fase di prequalifica della miscela.

#### 13.3.4 Massa volumica

La misura della **massa volumica** a fresco dovrà essere misurata secondo UNI EN 12350-6.

I valori rilevati in qualifica non si dovranno discostare di più del 3% da quelli nominali definiti nel dossier di prequalifica.

La massa volumica allo stato indurito dovrà essere misurata secondo UNI EN 12390-7.

Secondo quanto definito al § 5.5.2 della UNI EN 206, per i calcestruzzi di massa volumica ordinaria (non leggeri o pesanti), la massa volumica a secco dovrà essere compresa tra  $2.000 \text{ kg/m}^3$  e  $2.600 \text{ kg/m}^3$ .

Nelle varie fasi di controllo, la massa volumica dovrà essere misurata su tutti i provini stagionati UR>95% o in acqua sottoposti alle prove meccaniche di cui ai punti successivi.

Il valore rilevato non si dovrà discostare di oltre +50 kg/mc rispetto a valore nominale a fresco definito nel dossier di prequalifica.

#### 13.3.5 Contenuto di aria

Qualora sia prevista una classe di esposizione ambientale di tipo XF (strutture soggette a cicli di gelo/disgelo in presenza o meno di sali disgelanti) e, quindi, sarà impiegato un additivo aerante, contestualmente alla misura della lavorabilità del conglomerato, dovrà essere determinato il **contenuto di aria nel calcestruzzo**, in accordo alla procedura descritta alla norma UNI EN 12350-7 basata sull'impiego del porosimetro.



Il contenuto di aria in ogni miscela prodotta (espresso in percentuale) dovrà essere conforme a quanto prescritto nella succitata Tabella 2 riportata nel successivo par. 2.2, tenendo conto del diametro massimo dell'aggregato ( $D_{max}$ ) e delle tolleranze ammesse ivi riportate.

Particolare attenzione dovrà essere prestata alla stabilità dello sviluppo dell'aria durante il tempo di trasporto ed alla eventuale riduzione della stessa, con necessità di incrementare il dosaggio di additivo aerante in caso di utilizzo di cenere volante da carbone.

#### 13.3.6 Acqua di bleeding

L'essudazione di acqua dovrà risultare non superiore allo 0,1%, in conformità alla norma UNI 7122, ovvero alla UNI EN 480/4.

#### 13.3.7 Misura della temperatura del calcestruzzo al getto

La **temperatura dell'aria e del calcestruzzo, al momento del getto**, dovranno essere verificate con l'approssimazione di almeno 1°C e dovranno essere rispettare i limiti specificati nei successivi par. 7.3.3 e par. 7.3.4.

#### 13.3.8 Contenuto di cloruri nel calcestruzzo

Il **contenuto di cloruri nel calcestruzzo**, espresso come percentuale sul dosaggio del cemento, dovrà essere verificato sulla base della ricetta nominale e qualificata come sommatoria dei contributi derivanti dai singoli componenti (§ 5.2.7 UNI EN 206).

Il totale dovrà essere conforme ai limiti definiti nel prospetto 10 della UNI EN 206.

#### 13.3.9 Grado di compattazione



Il **grado di compattazione**  $g_c$  è il rapporto tra la massa volumica misurata secondo UNI EN 12390/7 su un campione estratto dalla struttura e quello misurato sul provino confezionato conformemente alla UNI 12390/1.

Dovrà essere garantito un  $g_c > 0,97$  riferito a campioni di calcestruzzo saturi a superficie asciutta.

#### 13.3.10 Tempo di presa

Qualora richiesto, i tempi di inizio e fine presa verranno valutati su calcestruzzo vagliato a 5 mm con apparecchio proctor, secondo la UNI 7123.

I limiti di accettazione saranno definiti in base alle esigenze di scasso e/o di lavorazioni dello specifico progetto.

#### 13.3.11 Requisiti aggiuntivi

Di seguito sono indicate **ulteriori prove per le miscele di calcestruzzo**, relative a requisiti aggiuntivi eventualmente richiesti da progetto e da verificare durante la fase di qualifica.

Le prove raccomandabili in relazione alle varie tipologie strutturali previste nella già citata Tabella 2 sono quindi riportate nella Tabella 3 di cui al precedente par. 2.2.

##### 13.3.11.1 Resistenza a trazione indiretta

La misura della **resistenza a trazione indiretta** su calcestruzzo verrà eseguita secondo UNI EN 12390/6, su una coppia di provini cilindrici 15×30 cm confezionati e stagionati secondo UNI EN 12390/1,2.

##### 13.3.11.2 Resistenza a flessione



La misura della **resistenza a flessione** su calcestruzzo verrà eseguita secondo UNI EN 12390/7, su una coppia di provini prismatici 15×15×60cm confezionati e stagionati secondo UNI EN 12390/1,2.

In caso di calcestruzzi fibro-rinforzati (vedi precedente par. 6.2.1.3), la prova andrà eseguita anche su una coppia di travi intagliate in mezzzeria, secondo la procedura UNI 111039 o UNI EN 14651, con relativo calcolo degli indici di duttilità.

#### *13.3.11.3 Modulo elastico statico e dinamico*

Le misure del **modulo elastico** vengono eseguite a su provini confezionati e stagionati secondo UNI EN 12390/1,2, fino alla stagionatura oggetto di verifica secondo le indicazioni di progetto.

La misura del **modulo elastico statico** ( $E_s$ ) su calcestruzzo verrà eseguita secondo la UNI 6556, utilizzando una terna di provini cilindrici 15×30 cm per la misura della resistenza a compressione e altri tre per la misura del modulo elastico attraverso tre cicli di carico e successiva rottura.

La misura **del modulo elastico dinamico** ( $E_d$ ) è invece effettuata misurando la velocità delle onde ultrasoniche ( $v$ ) secondo UNI EN 12504/4, mentre la massa volumica ( $M_v$ ) sul calcestruzzo indurito secondo UNI EN 12390/7 e utilizzando la seguente correlazione:

$$E_d = v^2 \times M_v \times 0,83$$

Di norma, la prova viene eseguita sugli stessi provini del modulo elastico statico come controllo preliminare e per verificare la correlazione  $E_s/E_d$ , generalmente compresa tra 0,65 e 0,85, in funzione della classe di resistenza a compressione del calcestruzzo.

#### *13.3.11.4 Deformazione viscosa*

La misura della **deformazione viscosa** o creep su provini confezionati e stagionati secondo UNI EN 12390/1,2 fino a 28 giorni (a meno di altra specifica indicazione).

La prova viene eseguita secondo ASTM C1609, su una coppia di provini cilindrici 15×30 cm per la misura della resistenza a compressione, un'altra coppia per la misura della deformazione viscosa e due per il ritiro igrometrico nello stesso ambiente di prova della deformazione viscosa (necessari per il successivo calcolo della creep puro).



#### *13.3.11.5 Ritiro idraulico libero*

Il **ritiro igrometrico uniassiale** per calcestruzzi con diametro massimo fino a 30 mm viene misurato secondo la procedura UNI 11307 (metodo A assiale o metodo B superficiale), su una terna di provini prismatici conformi alla UNI EN 12390/1, di lunghezza inferiore a 600 mm (di norma 10×10×50 cm) in condizioni standard di 20°C e UR 50+5%. Differenti tipi di stagionatura potranno essere richiesti per simulare le reali condizioni di esposizione della struttura.

A livello compositazionale, la riduzione del ritiro può essere ottenuta sia agendo sui parametri rapporto acqua-cemento e rapporto aggregato-cemento, sia mediante uso di agenti antiritiro ed espansivi.

Il **ritiro idraulico** nelle reali condizioni dovrà essere valutato utilizzando varie formule disponibili in letteratura considerando, oltre al tipo di calcestruzzo caratterizzato dal ritiro standard misurato come sopra indicato, anche la condizione ambientale di getto e di prima stagionatura, la dimensione e la geometria dell'elemento.

I limiti di accettabilità andranno quindi definiti in base alle specifiche esigenze di progetto ed alle reali condizioni costruttive.

#### *13.3.11.6 Espansione contrastata*

L'**espansione contrastata** su calcestruzzi a ritiro compensato (vedi precedenti par 6.2.1.3 e par. 6.3.1.3) andrà misurata secondo UNI 8148, metodo B (a 20°C nei primi 2 giorni a UR > 95% e con protezione di pellicola plastica, poi all'aria con UR 55+5%). Con questo metodo, la norma non prevede dei limiti, che andranno definiti in base alle specifiche esigenze di progetto.

In funzione del sistema espansivo adottato (ad es. a base ossido di calcio o solfo alluminato tetra calcico), il dosaggio di prodotto e l'espansione a breve termine andranno verificate in modo da garantire un'espansione residua a 90gg  $\geq 0 \mu\text{m/m}$ .

#### *13.3.11.7 Permeabilità all'acqua*

La **permeabilità all'acqua** viene misurata secondo la UNI EN 12390-8, su provini stagionati in acqua per 28 giorni.

In accordo al §7.1 delle LL.GG. per il calcestruzzo strutturale, un calcestruzzo viene definito impermeabile quando la penetrazione massima dell'acqua è  $\leq 50 \text{ mm}$  e quella media  $\leq 20 \text{ mm}$ .



#### 13.3.11.8 Gradiente e ritiro termico

Nel caso di **calcestruzzi massivi** o, comunque, in tutti i casi si ipotizzino condizioni di elevato gradiente termico (ad esempio, nel caso di getto in clima molto freddo, anche per strutture non propriamente massive), dovrà essere eseguito un controllo termico in grado di rilevare i seguenti parametri:

- misura della temperatura di picco raggiunta nel nucleo del getto ( $T_{\max}$  cls);
- misura della differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura ( $\delta T_{1\max}$ );
- misura della differenza tra la massima temperatura registrata con la sonda posizionata all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero e la temperatura ambiente ( $\delta T_{2\max}$ );
- misura differenza tra la temperatura del nucleo e la massima temperatura all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero ( $\delta T_{3\max}$ ).

L'Impresa dovrà definire, per ogni condizione di temperatura ambiente, modalità e tempi di cassetatura in modo che, fino alla rimozione dei casseri, siano soddisfatte tutte le seguenti condizioni:

- $T_{\max} \leq 65^{\circ}\text{C}$
- $\delta T_{1\max} < 50^{\circ}\text{C}$
- $\delta T_{2\max} \leq 20^{\circ}\text{C}$
- $\delta T_{3\max} \leq 20^{\circ}\text{C}$

Eventuali deroghe ai valori di  $\delta T_{2\max}$  e  $\delta T_{3\max}$ , fino ad un massimo di  $30^{\circ}\text{C}$ , potranno essere concesse, previa verifica dell'assenza di fessurazione mediante appositi getti di prova in scala reale.

La determinazione di  $T_{\max}$  e dei vari gradienti deve essere effettuata con i seguenti controlli:

- in fase di prequalifica in laboratorio mediante una prova adiabatica o semiadiabatica da concordare con ANAS e/o con la Direzione Lavori su un campione di calcestruzzo tale da poter essere ritenuto rappresentativo per la singola opera in oggetto;



- in sito, in condizioni ambientali più prossime a quelle di prevista fase di getto, mediante la realizzazione di un prototipo da concordare con ANAS e/o con la Direzione Lavori, opportunamente dimensionato e strumentato con termocoppie annegate nel calcestruzzo e posizionate nei punti sopradescritti.

Per la scelta del cemento più idoneo e l'ottimizzazione del suo dosaggio secondo quanto di seguito riportato nel succitato par.2.2.1, a parità di rapporto a/c, si dovrà procedere in fase di qualifica ad una prova di confronto in calcestruzzo, utilizzando diversi tipi di cementi ed eventuali aggiunte minerali di tipo II (es. cenere volante, loppa d'altoforno), con calore di idratazione trascurabile.

Per quanto riguarda le precauzioni relative ai tipi di cassetture ed ai tempi di scasso da adottare per minimizzare i gradienti termici  $\delta T_{2max}$  e  $\delta T_{3max}$ , si rimanda al par.2.2.1.

### 13.4 Specificazione dei calcestruzzi proiettati

I **calcestruzzi proiettati** dovranno essere specificati come conglomerati a prestazione garantita, con riferimento alla classificazione riportata al precedente par. 2.2.1 ed ai requisiti indicati al § 5 della UNI EN 14487-1.

In ogni caso, dovranno essere prescritti i seguenti parametri:

- classe di consistenza (se si impiega il processo per via umida);
- classe di resistenza;
- classe di esposizione ambientale;
- dimensione massima dell'aggregato;
- classe di contenuto di cloruri;
- resistenza residua e/o capacità di assorbimento di energia (per calcestruzzi fibrerforzati);
- categoria di ispezione (UNI EN 14487-1, §7.2).

La **categoria di ispezione**, in una scala da 1 a 3, definisce il tipo e la frequenza dei controlli che devono essere eseguiti in corso di applicazione del calcestruzzo proiettato.





La scelta della categoria di ispezione deve essere fatta dal progettista, in funzione del tipo e dell'importanza dell'opera, della vita di servizio richiesta e del grado di rischio connesso.

In ogni caso, dovranno essere specificate almeno le categorie di ispezione riportate nella seguente Tabella 14.

Tabella 14: **Calcestruzzi proiettati: categorie minime di ispezione in funzione della tipologia e destinazione d'uso.**

Tipo di intervento	Categoria
Pre-rivestimenti di gallerie secondarie con funzione portante temporanea (se non esiste distinzione tra secondaria e principale, considerare tutto in categoria 3)	2
Pre-rivestimenti di gallerie principali anche con funzione portante temporanea o pre-rivestimenti aventi funzione portante in servizio	3
Stabilizzazione di scavi temporanei	1
Stabilizzazione permanente di pendii di medie dimensioni	2
Stabilizzazione di pendii di grandi dimensioni e/o in presenza di movimenti franosi	3
Consolidamento di elementi portanti e non portanti di ponti viadotti e rivestimenti definitivi di gallerie, ecc.	3

### 13.5 Acciaio per c.a.: zincatura a caldo per immersione

Il **trattamento preliminare** comprende le operazioni di sgrassaggio decapaggio, risciacquo, flussaggio, essiccamento e preriscaldamento a 400 - 430 K.

Dovrà essere impiegato zinco vergine o di prima fusione in pani da fonderia, corrispondente alla designazione Zn 99,99 delle Norme UNI EN 1179/05, avente contenuto minimo di zinco del 99,99%. Il **bagno di zinco** fuso dovrà avere temperatura compresa tra 710-723°K; in nessun caso, dovrà essere superata la temperatura massima di 730°K.

Il **tempo di immersione** delle barre nel bagno di zinco sarà variabile in funzione del loro diametro e del peso del rivestimento in zinco, che non dovrà mai discostarsi di +10% dalla quantità di 610 g/m<sup>2</sup> di superficie effettivamente rivestita, corrispondente ad uno spessore di 85 gm ± 10%.

Seguirà il **trattamento di cromatazione**, se previsto in progetto, per impedire eventuali reazioni tra le barre e il calcestruzzo fresco.



Coordinamento Territoriale/Direzione  
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO  
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2  
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0  
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

NOTA Il rivestimento di zinco dovrà presentarsi regolare, uniformemente distribuito, privo di zone scoperte, di bolle, di macchie di flusso, di inclusioni, di scorie, di macchie acide o nere. Dovrà essere aderente alla barra, in modo da non poter venire rimosso da ogni usuale processo di movimentazione, lavorazione e posa in opera.

NOTA Barre eventualmente incollate assieme dopo la zincatura e barre che presentano gocce e/o punte aguzze saranno rifiutate.



Coordinamento Territoriale/Direzione  
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO  
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2  
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0  
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

## 14 ALLEGATI



#### 14.1 ALLEGATO 1: CONTROLLI SUL CEMENTO

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLI FASE PREQ. E QUALIFICA*	CONTROLLI FASE ACCETTAZ.**
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI (tolleranze singoli valori)		
A1	<b>Cemento</b>				
A 1.1	<b>Verifica documentazione:</b>				
A 1.1.1	Verifica attestato conformità CE (compresi valori C <sub>3</sub> A, K <sub>2</sub> O e Na <sub>2</sub> O in caso richiesta cem SR o rischio ASR)	UNI EN 197-1/ 2011	Attestazione sistema 1+	SI	Ogni fornitura
A 1.1.2	Verifica scheda tecnica produttore			SI	Inizio fornitura
A 1.2	<b>Verifica dei requisiti chimici:</b>				
A 1.2.1	perdita al fuoco(UNI EN 196-2)		per CEM I e CEM III $\leq 5,0\%$	R	X
A 1.2.2	residuo insolubile (UNI EN 196-2)		per CEM I e CEM III $\leq 5,0\%$		
A 1.2.3	solfati (UNI EN 196-2)	UNI EN 197/1 Tab4	$\leq 3\%$ (+0,5) Per CEM I SR, CEM IV/A SR e CEM IV/B SR classi 32.5N, 32.5R e 42.5R	R	X
			$\leq 3,5\%$ (+0,5) per CEM I, CEM II (tranne B-T), CEM IV e CEM V, per le classi 32.5N-32.5R-42.5N Per CEM I SR, CEM IV/A SR e CEM IV/B SR classi 42.5R, 52.5N e 52.5R		
			$\leq 4,0\%$ (+0,5) per CEM I, CEM II (tranne B-T), CEM III (tranne III/C), CEM IV e CEM V, per le classi 42.5R-52.5N-52.5R;		
			$\leq 4,5\%$ (+0,5) per CEM II/B-T e CEM III/C		
A 1.2.4	Cloruri (UNI EN 196-2)		$\leq 0,10\%$ il CEM III può contenere più del 0,10% dichiarando il contenuto effettivo	R	X
A 1.2.5	Pozzolanicità (UNI EN 196-5)		esito positivo prova per CEM IV tutte le classi (positiva a 8gg in caso di CEM IV SR)		
A 1.2.6	Determinazione del contenuto di C <sub>3</sub> A(UNI EN 196-2)	UNI EN 197/1 Tab5	verifica solo nel caso di cem resistenti ai solfati =0% CEM I-SR0, $\leq 3\%$ CEM I-SR3, $\leq 5\%$ CEM I- SR5 $\leq 9\%$ per CEM IV/A SR e CEM IV/B SR Per tutte le classi (+1%)	R solo per cem SR	Solo Inizio fornitura
A 1.3	<b>Verifica dei requisiti fisici e meccanici:</b>				
A 1.3.1	resistenza a compressione iniziale a 2 gg (N/mm <sup>2</sup> )	UNI EN 197/1 Tab 3	$\geq 10$ (-2) per classe 32.5R-42.5N-52.5L	R	X
			$\geq 20$ (-2) per classe 42.5R-52.5N		
			$\geq 30$ (-2) per classe 52.5R		
A 1.3.2	resistenza a compressione iniziale a 7 gg (N/mm <sup>2</sup> )		$\geq 12$ (-2) per classe 32.5L	R	X
			$\geq 16$ (-2) per classe 32.5N		
			$\geq 16$ (-2) per classe 42.5L		
A 1.3.3	resistenza a compressione normalizzata a 28 gg (N/mm <sup>2</sup> )		$\geq 32,5$ (-2,5) e $\leq 52,5$ per classe 32.5-32.5R	R	X
			$\geq 42,5$ (-2,5)e $\leq 62,5$ per classe 42.5-42.5R		
			$\geq 52,5$ (-2,5) per classe 52.5-52.5R		
A 1.3.4	tempo di inizio presa (minuti)		$\geq 75$ (-15) per classe 32.5L-32.5N-32.5R	R	X
			$\geq 60$ (-10) per classe 42.5L-42.5N-42.5R		
			$\geq 45$ (-5) per classe 52.5L-52.5N-52.5R		
A 1.3.5	Stabilità (espansione) (mm)		$\leq 10$ Per tutti i cementi		
A 1.3.6	Calore idrataz. (41h UNI EN 196/8, 7gg UNI EN 196/9)	§ 7.2.3 UNI EN 197/1	$\leq 270$ J/g (+30) Per tutti i cementi		



Coordinamento Territoriale/Direzione  
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO  
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2  
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0  
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

**\*Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera (vedi prove R raccomandabili),** in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sulle materie prime in fase di qualifica possono essere limitati alla verifica documentale delle certificazioni CE.

**\*\*Frequenza delle prove:** prove ogni **500 ton** o ogni **1500mc cls** in corso d'opera. Ogni **3000 ton** o ogni **10.000mc cls** nel caso di consegna mensile dell'attestato di conformità del cementificio riportante i risultati dei controlli di produzione del mese precedente ed i parametri statistici sugli ultimi 6 mesi di produzione. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.1 in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.



	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQ. E QUALIFICA*	CONTROLLO FASE ACCETTAZ. **
		NORMA	VALORE CARATTERISTICO (tolleranza su singolo valore)		
A2	Ceneri volanti	UNI EN 450-1/ 2012			
A 2.1	Verifica documentazione:				
A 2.1.1	Verifica attestato conformità CE		Attestazione sistema 1+	X	Ogni fornitura
A 2.1.2	Verifica scheda tecnica produttore			X	Inizio fornitura
A 2.1.3	Verifica dosaggio previsto nella ricetta qualificata	§5.2.5.2.2 UNI EN 206-1/ 2006 Fpr EN 206/1- 2013 +§4.2 UNI 11104	con CEM I: $cv/c \leq 0,33$ ; $k=0,4$ con CEM II/A, $cv/c \leq 0,25$ ; $k= 0,2$ con CEM III/A, CEM IV/A e CEM V/A $cv/c \leq 0,20$ (indicaz. CSA) $(c + k \times cv) \geq \text{cem min.}$ Classi esp. UNI 11104 $a/(c + k \times cv) \leq a/c \text{ max.}$ Classi esp. UNI 11104	X	X
A 2.2	Verifica dei requisiti chimici:	§ 5 e 8 EN 450-1			
A 2.2.2	perdita al fuoco (1 ora EN 196-2)		Cat. A $\leq 5\%$ - tolleranza +2% Cat. B $\leq 7\%$ - tolleranza +2% Cat. C $\leq 9\%$ - tolleranza +2%	R	X
A 2.2.3	Cl <sup>-</sup> (cloruri) (UNI EN 196/2)		$\leq 0,1\%$	R	X
A 2.2.4	SO <sub>3</sub> (anidride solforica) (UNI EN 196/2)		$\leq 3\%$ - tolleranza +0,5%	R	X
A 2.2.5	ossido di calcio libero (UNI EN 451-1)		$\leq 1,5\%$ tolleranza +0,1% - sono ammessi contenuti > del 1,5% purché le ceneri siano conformi con il requisito di stabilità	R	X
A 2.2.6	Ossido di calcio reattivo (UNI EN 196-2)		$\leq 10\%$ - tolleranza +1%		
A 2.2.7	Ossido di silicio reattivo (UNI EN 197-1)		$\geq 25\%$		
A 2.2.8	SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (UNI EN 196-2)		$\geq 70\%$ - tolleranza -5%		
A 2.2.9	Na <sub>2</sub> O eq (UNI EN 196-2)		$\leq 5\%$ - tolleranza +0,5%	R	X
A 2.2.10	MgO (UNI EN 196-2)		$\leq 4\%$ ...		
A 2.2.11	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> tot ISO 29581-2 e P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> solubile (Annesso C EN 450-1)		$\leq 5\%$ - tolleranza +0,5% $\leq 100\text{mg/kg}$		
A 2.2.12	stabilità volumetrica 30% cv+70%cem rif. (UNI EN 196-3)		$\leq 10\text{ mm}$ - tolleranza +1 mm	R	X
A 2.3	Verifica dei requisiti fisici e meccanici:				
A 2.3.1	finezza – trattenuto al vaglio 0,045 mm (EN 451-2 o EN 933-10)		Cat. N $\leq 40\%$ - tolleranza +5% e valore dich. $\pm 10\%$ Cat. S $\leq 12\%$ - tolleranza +1%		
A 2.3.2	massa volumica reale (UNI EN 1097-7)		valore medio dichiarato $\pm 200\text{ kg/m}^3$ , tolleranza $\pm 5\%$	R	X
A 2.3.3	Tempo inizio presa 25% cv+75% cemrif. (UNI EN 196-3)		$\leq 2$ volte t.i.presa pasta 100% cem, tolleranza +0,25	R	X
A 2.3.4	Richiesta d'acqua (annesso B EN 450-1)		< 95% malta 100% cem, toller.+2% solo per cv finezza S:	R	X
A 2.3.5	indice di attività pozzolanica 25% cv+75%cem rif.(UNI EN 196/1)		a 28gg $\geq 75\%$ - tolleranza -5%	R	X
			A 90gg $\geq 85\%$ - tolleranza -5%		



Coordinamento Territoriale/Direzione  
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO  
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2  
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0  
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

**\*Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera (vedi prove raccomandate R),** in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sulle materie prime in fase di qualifica possono essere limitati alla verifica documentale di cui in A.2.1.

**\*\*Frequenza delle prove:** Ciascuna fornitura all'impianto in corso d'opera. Ogni 1000 ton ovvero ogni 10000mc cls qualora ciascuna fornitura all'impianto sia accompagnata dall'attestato di conformità secondo la norma UNI EN 450-1 corredato dai risultati completi delle prove eseguite dal produttore secondo le frequenze indicate nelle norme medesime. In tal caso si manterrà ad ogni fornitura la verifica documentale di tali risultati rispetto ai limiti riportati in tabella A2. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.2 in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.



### 14.3 ALLEGATO 3: CONTROLLI SUL FUMO DI SILICE

	DESCRIZIONE CONTROLLO	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQ. E QUALIFICA*	CONTROLLO FASE ACCETTAZ**
		NORMA	VALORE CARATTERISTICO (tolleranza su singolo valore)		
<b>A3</b>	<b>Fumo di silice</b>				
<b>A3.1</b>	<b>Verifica documentazione:</b>	UNI EN 13263-1/ 2009			
A3.1.1	Verifica attestato conformità CE		Attestazione sistema 1+	X	Ogni fornitura
A3.1.2	Verifica scheda tecnica produttore			X	Inizio fornitura
A3.1.3	Verifica dosaggio previsto nella ricetta qualificata	§5.2.5.2.3 UNI EN 206-1/ 2006 Fpr EN 206/1- 2013 +§4.2 UNI 11104	k=2 con CEM I e CEM II (esclusi cem già contenenti fs) 42.5N o R (=1 per alc >0,45 in cl.esp.XC e XF)  fs ≤ 0,11 cem conteggiabile in k × fs (c + k × fs) ≥ cem <sub>min</sub> . Classi esp. UNI 11104 a/(c + k × fs) ≤ a/c max. Classi esp. UNI 11104 riduzione cem min. clsesposiz. ≤ 30kg/mc	X	X
<b>A 3.2</b>	<b>Verifica requisiti chimici</b>	§ 5.2 UNI EN 13263- 1			
A 3.2.1	SiO <sub>2</sub> (UNI EN 196-2)		≥ 85% per fs classe 1 (-5%) ≥ 80% per fs classe 2 (-5%)		
A 3.2.2	Si elementale(ISO 9286)		≥ 0,4% in massa (+ 0,1%)		
A 3.2.3	CaO libero (UNI EN 451-1)		≤ 1% -	R	
A 3.2.4	Solfati, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (UNI EN 196-2)		≤ 2%	R	X
A 3.2.5	Alcali tot, Na <sub>2</sub> O eq (UNI EN 196-2)		Valore dich.	R	X
A 3.2.6	Cloruri, Cl <sup>-</sup> (UNI EN 196-2)		se > 0,1 %, valore dichiarato ≤ 0,3%	R	X
A 3.2.7	Perdita al fuoco (1h UNI EN 196-2)		≤ 4,0% (+ 2,0%)	R	
<b>A3.3</b>	<b>Verifica requisiti fisici</b>	§ 5.3 UNI EN 13263- 1			
A 3.3.1	superficie specifica (ISO 9277)		Da 15 (-1,5) a 35 m <sup>2</sup> /g		
A 3.3.2	Contenuto sostanza secca in prodotto in sospensione acquosa		Valore dich ± 2%	R	X
A 3.3.3	indice di attività pozzolanica malta 10% fs+90%cem rif.(UNI EN 196/1)		A 28gg Rc= 100% Rc malta con solo cem. Rif. (-5%)	R	X

\*Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera (vedi prove raccomandate R), in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sulle materie prime in fase di qualifica possono essere limitati alla verifica documentale di cui in A.3.1.

\*\*Frequenza delle prove: Ciascuna fornitura all'impianto in corso d'opera. Ogni **1000 ton** ovvero ogni **10000 mc di cls** qualora ciascuna fornitura all'impianto sia accompagnata dall'attestato di conformità secondo la norma UNI EN 13263-1 corredato dai risultati completi delle prove eseguite dal produttore secondo le frequenze indicate nelle norme medesime. In tal caso si manterrà ad ogni fornitura la verifica documentale di tali risultati rispetto ai limiti riportati in tabella A2. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.3 in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.





#### 14.4 ALLEGATO 4: CONTROLLI SU LOPPA D'ALTOFORNO GRANULATA MACINATA

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQ. E QUALIFICA*	CONTROLLO FASE ACCETTAZ. **
		NORMA	VALORE CARATTERISTICO (tolleranza su singolo valore)		
<b>A4</b>	<b>Loppa d'altoforno granulata macinata</b>				
<b>A 2.1</b>	<b>Verifica documentazione:</b>	UNI EN 15167-1/ 2006			
A 2.1.1	Verifica attestato conformità CE		Attestazione sistema 1+	X	Ogni fornitura
A 2.1.2	Verifica scheda tecnica produttore			X	Inizio fornitura
A 2.1.3	Verifica dosaggio previsto nella ricetta qualificata	§5.2.5.2.4 Fpr EN 206/1- 2013	con CEM I e CEM II/A: ggbs/c $\leq 1$ ; $k=0,60$ ( $c + k \times ggbs$ ) $\geq$ cem min. Classi esp. UNI 11104 $a/(c + k \times ggbs) \leq a/c$ max. Classi esp. UNI 11104	X	X
<b>A 2.2</b>	<b>Verifica dei requisiti chimici:</b>				
A 2.2.1	perdita al fuoco (1 ora EN 196-2)	§ 5 e 8 EN 450-1	$\leq 3\%$ - tolleranza +0,5%	R	X
A 2.2.2	Cl <sup>-</sup> (cloruri) (UNI EN 196/2)		$\leq 0,1\%$ ; se superiore $\leq$ valore dichiarato	R	X
A 2.2.3	SO <sub>3</sub> (anidride solforica) (UNI EN 196/2)		$\leq 2,5\%$ - tolleranza +0,5%	R	X
A 2.2.4	Solfiti, H <sub>2</sub> S (UNI EN 196/2)		$\leq 2,0\%$ - tolleranza +0,5%	R	X
A 2.2.5	MgO (UNI EN 196-2)		$\leq 18\%$ tolleranza +1%		
A 2.2.6	SiO <sub>2</sub> +MgO+CaO (UNI EN 196-2)		$\geq 2/3$ in massa		
A 2.2.7	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + comp. minori (UNI EN 196-2)		Rimanente $\leq 1/3$ in massa		
A 2.2.9	(Cao+MgO)/SiO <sub>2</sub> (UNI EN 196-2)		$\geq 1\%$	R	X
A 2.2.9	Na <sub>2</sub> O eq (UNI EN 196-2)		$\leq$ valore dich %- tolleranza +0,5%	R	X
A 2.2.9	Umidità (Annesso A UNI EN 15167)		$\leq 1\%$ - tolleranza +0,5%	R	X
<b>A 2.3</b>	<b>Verifica dei requisiti fisici e meccanici:</b>				
A 2.3.1	finezza blaine (UNI EN 196-6)		$> 275 \text{ m}^2/\text{kg}$ , tolleranza -15 $\text{m}^2/\text{kg}$		
A 2.3.2	massa volumica reale (UNI EN 1097-7)		valore medio dichiarato	R	X
A 2.3.3	Tempo inizio presa 50% cv+50% cemrif. (UNI EN 196-3)		$\leq 2$ volte t.i.presa pasta 100% cem, tolleranza +0,25	R	X
A 2.3.4	indice di attività pozzolanica 50% cv+50%cem rif.(UNI EN 196/1)		a 7gg $\geq 45\%$ - tolleranza -5% A 28gg $\geq 70\%$ - tolleranza -5%	R	X

\*Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera (vedi prove raccomandate R), in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sulle materie prime in fase di qualifica possono essere limitati alla verifica documentale di cui in A.2.1.

\*\*Frequenza delle prove: Ciascuna fornitura all'impianto in corso d'opera. Ogni 1000 ton ovvero ogni 10000 mc cls qualora ciascuna fornitura all'impianto sia accompagnata dall'attestato di conformità secondo la norma UNI EN 450-1 corredato dai risultati completi delle prove eseguite dal produttore secondo le frequenze indicate nelle norme medesime. In tal caso si manterrà ad ogni fornitura la verifica documentale di tali risultati rispetto ai limiti riportati in tabella A2. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.2 in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.



#### 14.5 ALLEGATO 5: CONTROLLI SUGLI AGGREGATI PER CALCESTRUZZO

Esclusi gli aggregati leggeri marcati CE secondo norma UNI EN 13055 (in redazione ALLEGATO 5bis)

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQUALIF. E QUALIFICA*	CONTROLLO FASE ACCETTAZ.**
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI (tolleranze singoli valori)		
<b>A5</b>	<b>Aggregati</b>				
<b>A 5.1</b>	<b>Verifica documentazione</b>				
A 5.1.1	Verifica attestato conformità CE	UNI EN 12620/ 2013 + UNI 8520/2-2005	Attestazione sistema 2+	X	X
A 5.1.2	Verifica documentazione tecnica produttore e classificazione eventuali aggregati riciclo		Categorie Tab 22 EN 12620 e Tab.A.1 Annesso A***	X	X
<b>A 5.2</b>	<b>Verifica requisiti chimici</b>				
A 5.2.1	esame petrografico (UNI EN 932/3)	§4.3 e prosp. 1 UNI 8520-2	assenza di gesso e anidride (vedi limiti p.ti A.5.2.2 e A 5.2.2.3) silice reattiva (se presente obbligo prova A.5.2.5), miche e scisti cristallini, silicati instabili o composti ferro per scorie metallurgiche.	R	X (solo alla prima fornitura)
A 5.2.2	potenziale reattività in presenza di alcali (8520/22)		espansione di prismi di malta: prova accelerata $\leq 0,10\%$ ; se $>0,10\%$ eseguire prova a lungo termine; prova a lungo termine $\leq 0,05$ a 3 mesi e $\leq 0,10\%$ a 6 mesi	R (in caso di rischi evidenziati da petrografia)	X (in caso di rischi evidenziati da petrografia)
A 5.2.3	contenuti di solfati solubili in acqua (p.to UNI EN 1744/1)	§ 6.4.3 EN 12620	Solo per aggregati riciclati		
A 5.2.4	contenuti di solfati solubili in acido (p.to 12 UNI EN 1744/1)	prosp. 5 e 7 UNI 8520-2	$SO_3 \leq 0,8\%$ per aggregati fini e filler $SO_3 \leq 0,2\%$ per aggregati grossi	R	X
A 5.2.5	contenuto totale di zolfo (nel caso di presenza di solfuri ossidabili) (p.to 11 UNI EN 1744/1)		$S \leq 1\%$ per aggregati naturali e filler $S \leq 2\%$ per loppe altoforno $\leq 0,1\%$		
A 5.2.6	contenuto di cloruri solubili in acqua (p.to 7 UNI EN 1744/1)		$\leq 0,03\%$ (valore raccomandato salvo diversa verifica contenuto totale cloruri nel cls conforme a prosp. 10 UNI EN 206/1)	R	X
A 5.2.7	contenuto di parti leggere e vegetali (p.to 14.2 UNI EN 1744/1)		Aggr. fini $\leq 0,5\%$ Aggr. grossi $\leq 0,1\%$ riduzione del 50% in caso di utilizzo per c.a vista	R	X
A 5.2.8	Costituenti che alterano la presa e l'indurimento	prosp. 5 e 7 UNI 8520-2 + § 6.7.1 EN 12620	Per aggregati e filler		
a	contenuto di sostanze organiche (umica) (p.to 15.1 UNI EN 1744/1)		Colore della soluzione non più scuro dello standard di riferimento	R	X
b	contenuto acido fulvico (p.to 15.2 UNI EN 1744/1)		Solo se prova a) non conforme: colore della soluzione non più scuro dello standard di riferimento	R (se prova a) non conforme)	X (se prova a) non conforme)
c	Prova in malta (p.to 15.3 UNI EN 1744/1)		Solo se prova b) non conforme: variazione tempo di presa rispetto malta riferimento $\leq 120'$ Riduzione Rc a 28gg rispetto a malta riferimento $\leq 20\%$		
A 5.2.9	Disintegrazione del silicato di calcio e del ferro (p.to 14.2 UNI EN 1744/1)	§ 6.7.2 EN 12620	Solo per aggregati da loppa d'altoforno: disintegrazione assente	R	X



	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQUALIF. E QUALIFICA*	CONTROLLO FASE ACCETTAZ.**
<b>A 5.3</b>	<b>Verifica requisiti fisici</b>				
A 5.3.1	massa volumica media del granulo saturo a superficie asciutta (UNI EN 1097-6)	prosp. 4 e 7 UNI 8520-2	$\geq 2300 \text{ kg/m}^3$ Per filler $\geq 2000 \text{ kg/m}^3$	R	X
A 5.3.2	assorbimento d'acqua (UNI EN 1097-6)	prosp. 4 UNI 8520-2	$\leq 4\%$ (limite capitolato) Se $\geq 1\%$ con classi di esposizione XF deve essere verificata resist. gelo (p.to ...)	R	X
A 5.3.3	Granulometria (UNI EN 933/2)	§ 4 e prosp. 7 UNI 8520-2	categorie prosp. 2,3,5,6 UNI EN 12620 (tolleranze prosp. 3,4,7)	R	X ***
A 5.3.4	Contenuto in polveri: passante al vaglio 63 $\mu\text{m}$ (UNI EN 933/2)		Sabbia o misto non frantum. $\leq 3\%$ Sabbia frantum.da depositi alluvion. $\leq 10\%$ Sabbia frantum.da roccia $\leq 16\%$ Aggr. grossi non frantum. $\leq 1,5\%$ Aggr. grossi frantum. $\leq 4\%$	R	X ***
A 5.3.5	Equivalente in sabbia, SE su fraz. $\leq 4\text{mm}$ (EN 933/8)	UNI 8520/2 UNI	Solo in caso di superamento dei limiti del passante a 63 $\mu\text{m}$ $\geq 80$ per aggregati non frantumati $\geq 70$ per aggregati frantumati	R (se pass. 63 $\mu\text{m}$ oltre i limiti)	X (se pass. 63 $\mu\text{m}$ oltre i limiti)
A 5.3.6	Valore di blu di metilene, MB su fraz. $\leq 2\text{mm}$ (EN 933/9, per i filler appendice A)	UNI 8520/2 UNI EN 933/9	Solo in caso di non conformità ai limiti de SE, MB $\leq 1,2 \text{ g/kg}$ , Per i filler $\leq 12 \text{ g/kg}$ ,	R (se SE oltre i limiti)	X (se SE oltre i limiti)
A 5.3.7	Confronto in calcestruzzo con aggregati noti conformi (UNI 8520/21)	Prosp.6 8520/2	Solo in caso di non conformità ai limiti de SE ed MB $R_c 28\text{gg} \geq 85\% R_c$ con aggregato noto $E_s 28\text{gg} \geq 90\% E_s$ con aggregato noto		
	<b>Prove aggiuntive per particolari utilizzi</b>				
A 5.3.8	Resistenza alla frammentazione aggregati grossi (UNI EN 1097/2)	Prosp.6 8520/2	dichiarata secondo le categorie del prospetto 16 della EN 12620 (per cls $R_{ck}$ $\geq C50/60$ , $LA \leq LA_{30}$ )	R (per $R_{ck} \geq$ 50MPa)	X
A 5.3.9	resistenza aggregati grossi ai cicli di gelo e disgelo senza (UNI EN 1367/1) e con sali disgelanti (UNI EN 1367/6)		Classe dichiarata secondo le categorie dei prospetti 29 e 30 della EN 12620; Per cls in classe XF perdita massa $\leq 2\%$ ( $\leq F2$ o $F_{EC2}$ )	R (solo per uso in cls in classi XF)	X
A 5.3.10	degradabilità aggregati grossi agli attacchi di soluzioni solfatiche (UNI EN 1367/2)		Classe dichiarata secondo le categorie del prospetto 27 Della EN 12620 Richiesta per cls in classe XF: perdita di massa $\leq 25\%$ ( $\leq MS 25$ )		
A 5.3.11	indici di forma (SI) e di appiattimento (FI) per aggregati grossi (UNI EN 933/3-4)	§ 4.8 8520/2	valori da dichiarare secondo prospetti 11 e 12 EN 12620 (influenti su lavorabilità cls e resistenza a flessione)		
A 5.3.12	Percentuale particelle frantumate (UNI EN 933/5)		valori da dichiarare secondo prospetti 13 e 14 EN 12620 per (influenti su lavorabilità cls)		
A 5.3.13	Resistenza alla levigabilità e abrasione senza (UNI EN 1097-8) e con pneum. chiodati (UNI EN 1097-9)	n.d.	Solo per aggregati destinati a cls soggetti ad usura superficiale Classe dichiarata secondo le categorie del prospetti 19,20 e 21 della EN 12620		



A 5.3.14	Resistenza all'usura Microdeval (UNI EN 1097-21)	n.d.	Solo per aggregati destinati a cls soggetti ad usura superficiale Classe dichiarata secondo le categorie del prospetti 18 della EN 12620		
----------	--	------	---	--	--

**\*\* Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera (vedi prove R raccomandabili),** in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, con esclusione degli aggregati riciclati, i controlli sugli aggregati in fase di prequalifica e qualifica possono essere limitati alla verifica documentale delle certificazioni CE.

**\*\* Frequenza delle prove accettazione:** a ogni cambio di cava o del fronte di coltivazione della cava; ogni 10.000 mc di cls gettato; (\*\*\*) ogni 4000 mc

**\*\*\* Impiego Aggregati riciclati:** Possono essere utilizzati solo aggregati presenti nella **Tabella A.1** della EN 12620 con positiva esperienza di utilizzo( "history of use YES) eventualmente anche con speciali requisiti già contenuti nella EN 12620 ("Special requirements in standards"=YES).

Per quelle tipologie che, ferma restando la positiva esperienza di utilizzo, sia stata rilevata la necessità di verifica di requisiti aggiuntivi rispetto a quelli indicati nella EN 12620 ("Additional requirements identified for inclusion" = YES) la norma è ancora applicabile in maniera provvisoria nell'attesa che vengano definiti metodi di valutazione aggiuntivi eventualmente già previsti dalle norme nel luogo di utilizzo.

Tutti gli aggregati rientranti nel campo di applicazione della EN 12620, andranno marcati CE per i requisiti dell'annesso ZA della EN 12620 e dovranno rientrare nei limiti nazionali della UNI 8520/2. In particolare, per quanto riguarda gli aggregati da demolizione (categorie Rc), valgono gli specifici limiti nazionali riportati nella Tab. 11.2.III delle NTC, DM 14-01-2008. In caso di utilizzo di aggregati riciclati sarà comunque obbligatorio procedere con prove di prequalifica e qualifica sia sugli aggregati che sui calcestruzzi (Allegato 9) anche in impianti dotati di certificazione FPC.



#### 14.6 ALLEGATO 6: CONTROLLI SU ACQUA D'IMPASTO PER CALCESTRUZZO

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	RIFERIMENTI		CONTROLLI PR EQUAL. E QUALIFICA*	CONTROLLO FASE ACCETTAZ.**
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI (tolleranze singoli valori)		
A 6	Acqua d'impasto	UNI EN 1008-2003			
A 6.1	Verifica fonte di approvvigionamento e certificazione	§3 UNI EN 1008-2003	Potabile, di recupero da produzione cls, sotterranea, naturale di superficie, da reflui industriali, salmastra (solo per cls non armato)	X	X
A 6.2	Valutazione preliminare:				
A 6.2.1	Odore (§6.1.1 UNI EN 1008)	Prosp. 1 UNI EN 1008	Come acqua potabile, leggero odore di cemento o di idrogeno solforato	X	X
A 6.2.2	Colore (§6.1.1 UNI EN 1008)		Da incolore a giallo pallido	X	X
A 6.2.3	Presenza detersivi e schiuma (§6.1.1 UNI EN 1008)		Rifiutare in caso di schiuma stabile per oltre 2min dopo agitazione 30sec	X	X
A 6.2.4	osservazione visiva oli, grassi, (§6.1.1 UNI EN 1008)		Solo tracce visibili	X	X
A 6.2.5	Sostanza umica (§6.1.2 UNI EN 1008)		Accettabile colore marrone giallastro o più pallido dopo aggiunta NaOH	X	X
A 6.2.6	PH		≥ 4	X	X
A 6.2.7	Sostanze in sospensione (§6.1.1 UNI EN 1008 o § A.4.4app. A4)	Prosp. 1 UNI EN 1008 + o § A.3 app. A4)	Acque di processo cls: per Mv>1,01 kg/l, materiale solido omogeneamente distribuito≤ 1% in peso massa totale aggregati; Acqua da altre:fonti sedimento ≤4ml	X	X
A 6.2.8	Massa volumica (§ A.5 App. A4, procedura di misura da specificare in manuale FPC es.)	§ A.4.3 app. A4)	Solo per acque di processo cls: determinata ogni giorno utilizzo su campioni omogeneizzati; per Mv>1,01kg/l vedi p.to A 6.2.7	X	X
A 6.3	Prove chimiche:				X
A 6.3.1	contenuti di solfati (estratti 196-2/2013)	§ 4.3.2 UNI EN 1008	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> ≤ 2000 mg/litro	X	X
A 6.3.2	contenuto di cloruri (estratti 196-2/2013)	Prosp. 2 UNI EN 1008	c.a.pCl≤ 500 mg/litro c.a. Cl≤ 1000 mg/litro non armato Cl≤ 4500 mg/litro	X	X
A 6.3.3	contenuto alcali (estratti 196-2/2013)	§ 4.3.3 UNI EN 1008	Na <sub>2</sub> O eq.≤ 1500 mg/litro	X	X
A 6.3.4	Zuccheri	Prosp. 3 UNI EN 1008	≤ 100 mg/litro	X	X
A 6.3.5	Fosfati, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		≤ 100 mg/litro	X	X
A 6.3.6	Nitrati, NO <sub>3</sub> (ISO 7890-1)		≤ 500 mg/litro	X	X
A 6.3.7	Piombo, Pb <sup>2+</sup>		≤ 100 mg/litro	X	X
A 6.3.8	Zinco, Zn <sup>2+</sup>		≤ 100 mg/litro	X	X
A 6.4	Prove fisico meccaniche				
A 6.4.1	Confronto tempo di presa provini pasta con acqua produzione e acqua distillata (UNI EN 196/3)	§ 4.4 e 6.1 UNI EN 1008	1h≤t.i.p≤ 25% t.i.p pasta con acqua distillata t.f.p≤ 25% t.f.p pasta con acqua distillata e ≤12h	Solo in presenza delle sostanze di cui ai punti A.6.3.4- A 6.3.8	Solo in presenza delle sostanze di cui ai punti A.6.3.4- A 6.3.8
A 6.4.2	Confronto Rc 3 provini malta con acqua produzione e acqua distillata (UNI EN 196/1)		Rc> 90% Rccls o malta con acqua distillata		
A 6.4.3	Confronto Rc 3 provini cls con acqua produzione e acqua				



Coordinamento Territoriale/Direzione  
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO  
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2  
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0  
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

	distillata (UNI EN 12390-2,3)				
--	-------------------------------	--	--	--	--

**\*Frequenza delle prove in prequalifica e qualifica:** nessuna in caso di utilizzo di acqua potabile. In caso contrario, alla prequalifica e/o alla qualifica della miscela di calcestruzzo.

**\*\* Frequenza delle prove in fase di accettazione:** nessuna in caso di utilizzo di acqua potabile; . In caso contrario, ogni mese.



#### 14.7 ALLEGATO 7: CONTROLLI SU ADDITIVI ED AGENTI ESPANSIVI

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	RIFERIMENTI		CONTROLLI PR EQUAL. E QUALIFICA*	CONTROLLO FASE ACCETTAZ.**
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI (toleranze singoli valori)		
<b>A 7a</b>	<b>Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione:</b> per calcestruzzi per malte iniezioni cavi precomp. Per cls proiettato	UNI EN 934/1 '08 requisiti comuni 934/2 '12 *** 934/4 '09 934/5 '08			
<b>A 7a.1</b>	<b>Verifica documenti</b>				
A 7a.1.1	Verifica attestato conformità CE		Attestazione sistema 2+secondo app. ZA norme riferimento con le frequenze indicate in: prospetto 13 UNI EN 934/2 prospetto 2 UNI EN 934/4 prospetto 5 UNI EN 934/5	X	Ogni fornitura
A 7a.1.2	Verifica scheda tecnica produttore		Verifica limiti dosaggi e condizioni utilizzo	X	Inizio fornitura
A 7a.1.3	Verifica dosaggi previsti in ricette		Verifica corrispondenza a dosaggi raccomandati in scheda tecnica	X	Inizio fornitura
<b>A 7a.2</b>	<b>Verifica requisiti generali</b>				
A 7a.2.1	Esame visivo omogeneità e colore	Prosp. 1 UNI EN 934/1	Omogeneo, assenza separazioni, colore uniforme e simile alla descrizione del produttore	R	
A 7a.2.2	Componente effettivo da spettro IR (UNI EN 480/6)		Nessuna variazione significativa rispetto a spettro certificazione prodotto	R	
A 7a.2.3	Massa volumica assoluta, solo per additivi liquidi (ISO 758 o alternativo)		$D \pm 0,03$ se $D > 1,1$ kg/l $D \pm 0,02$ se $D \leq 1,1$ kg/l con D, valore dichiarato da produttore	R	Inizio fornitura e ogni 10000mc cls fornito
A 7a.2.4	Contenuto di secco convenzionale (UNI EN 480/8)		$0,95T \leq X \leq 1,05T$ se $T \geq 20\%$ $0,90T \leq X \leq 1,10T$ se $T \leq 20\%$ con T, valore dichiarato da produttore	R	
A 7a.2.5	PH, solo per additivi liquidi (ISO 4316)		valore entro intervallo dichiarato da produttore		
A 7a.2.6	Cloruri solubili in acqua (UNI EN 480/8)		$\leq 0,1\%$ in massa (prodotto "senza cloruri") o $\leq$ valore dichiarato produttore		
A 7a.2.7	Alcali $Na_2O$ eq. (UNI EN 480/8)		$\leq \%$ in massa dichiarata da produttore		
<b>A 7b</b>	<b>Agenti espansivi non metallici: per malte e calcestruzzi</b>	UNI 8146, UNI 8147 UNI 8148			
<b>A 7b.1</b>	<b>Verifica documenti</b>			X	X
A 7b.1.1	Verifica eventuale certificazione volontaria secondo UNI 8148	UNI 8146 § 2.7NTC sez. 2 - CSA	Verifica limiti dosaggi e condizioni utilizzo	X	Inizio fornitura
A 7b.1.2	Verifica scheda tecnica produttore		Verifica limiti dosaggi e condizioni utilizzo	X	Inizio fornitura
A 7b.1.3	Verifica dosaggi previsti in ricette		Verifica corrispondenza a dosaggi indicati in scheda tecnica	X	Inizio fornitura
<b>A 7b.2</b>	<b>Verifica requisiti prestazionali</b>				
A 7b.2.1	Tempi di inizio e fine presa (UNI 7123)		t.p. cls con espansivo = t.p. cls senza espansivo $\pm 30'$	X	
A 7b.2.2	Resistenza a compressione a 28gg (UNI EN 12390/8)		Rccls con espansivo $\geq$ Rccls senza espansivo pari consistenza	X	
A 7b.2.3	Espansione contrastata (UNI 8148 metodo A, in acqua satura di calce)		a 7gg $\geq 200\mu\text{m/m}$ ; a 28gg $\geq$ esp. 7gg	X	
	(UNI 8148 metodo B, UR $> 95\%$ con pellicola plastica per 2gg, poi a UR $55 \pm 5\%$ )		Salvo diverse specifiche di progetto: a 1gg $\geq 400\mu\text{m/m}$ ; a 7gg $\geq 200\mu\text{m/m}$ ; a 28gg $\geq 100\mu\text{m/m}$ ; a 90gg $\geq 0\mu\text{m/m}$	X	Inizio fornitura e ogni 10000mc cls fornito



	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	RIFERIMENTI		CONTROLLI REQUAL. E QUALIFICA*	CONTROLLO FASE ACCETTAZ.**
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI (tolleranze singoli valori)		
A 7c	Agenti riduttori di ritiro SRA	n.d.		X	X
A 7c1	Verifica documenti				
A 7c.1.2	Verifica scheda tecnica produttore		Verifica limiti dosaggi e condizioni utilizzo	X	Inizio fornitura
A 7c.2	Verifica requisiti prestazionali				
A 7c.2.1	Tempi di inizio e fine presa (UNI 7123)		Verifica variazioni t.p. rispetto a cls senza SRA	se rilevante per il tipo di applicazione	
A 7c.2.2	Resistenza a compressione a 1 o 2g e 28gg (UNI EN 12390/8)		Verifica variazioni R <sub>c</sub> rispetto a cls senza SRA	X	
A 7c.2.3	Ritiro idraulico libero (UNI )		Verifica riduzioni rispetto a cls senza SRA Salvo diverse specifiche di progetto: a 60gg ≤400µm/m; a 90gg ≤500µm/m	X	Inizio fornitura e ogni 10000mc cls fornito

**\*Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera (vedi prove raccomandate R)**, in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sugli additivi con obbligo di marcatura CE in fase di prequalifica e qualifica possono essere limitati alla verifica documentale di cui in A.7a.1. Non sono previste verifiche sulle proprietà specifiche degli additivi (riduzione d'acqua, aumento e mantenimento consistenza, aria inglobata, acqua essudata, tempi di presa, resistenza a compressione, impermeabilità) per le quali si rimanda direttamente alle verifiche delle proprietà dei calcestruzzi additivati riportate in Allegato 9 o al §7.5 delle NTC del CSA per i calcestruzzi proiettati ovvero al § 9.9 per le malte da iniezione dei cavi da precompressione.

**\*\*Frequenza delle prove:** come indicato in tabella nel caso ogni fornitura all'impianto sia accompagnata dall'attestato di conformità secondo la norma UNI EN 934/2,4,5 corredato dai risultati delle prove eseguite dal produttore secondo le frequenze indicate nelle norme medesime, le verifiche in cantiere segnalate in tabella saranno eseguite. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.7 in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.

**\*\*\* la UNI EN 934-2 regola la produzione di** riduttori di acqua/fluidificanti (Prosp. 2), riduttori di acqua ad alta efficacia/superfluidificanti (prosp. 3.1-3.2), ritardanti d'acqua (prosp. 4), aeranti (prosp. 5), acceleranti di presa (prosp. 6), acceleranti di indurimento (prosp. 7), ritardanti di presa (prosp. 8), resistenti all'acqua (prosp. 9), riduttori di acqua/fluidificanti +ritardanti di presa (Prosp. 10), riduttori di acqua/fluidificanti +acceleranti di presa (Prosp. 12), riduttori di acqua ad alta efficacia/superfluidificanti +ritardanti di presa (Prosp. 11.1 e 11.2),





#### 14.8 ALLEGATO 8: CONTROLLI SULLE FIBRE

	DESCRIZIONE CONTROLLO	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQ. E QUALIFICA *	CONTROLLO FASE ACCETTAZ **
		NORMA	VALORE CARATTERISTICO (tolleranza su singolo valore)		
<b>A8a</b>	<b>Fibre metalliche per calcestruzzo</b>				
<b>A8a.1</b>	<b>Verifica documentazione:</b>				
A 8a.1.1	Verifica attestato conformità CE	UNI EN 14889-1 (metalliche)	Attestazione sistema 1 per malte e cls strutturali; 3 per altri impieghi	X	Ogni fornitura
A 8a.1.2	Verifica scheda tecnica produttore		Verifica dosaggi raccomandati per raggiungere prestazione p.to A 8.3.2	X	Inizio fornitura
A 8a.1.3	Verifica dosaggio previsto nella ricetta qualificata		Verifica conformità ai dosaggi minimi raccomandati dal produttore	X	Inizio fornitura
<b>A8a.2</b>	<b>Verifica requisiti identificazione</b>				
A 8a.2.1	Classificazione gruppo in base tipologia produzione e forma	(§ 5.1. UNI EN 14889-1)	Gruppi da I a V		
A 8a.2.2	Lunghezza (§ 5.2.2 UNI EN 14889-1)	Prosp. 1 UNI EN 14889-1	Da norma :valore dichiarato. Raccomandato : 20 - 40 mm	R	
A 8a.2.3	Diametro eq. o spessore (§ 5.2.3 UNI EN 14889-1)		Da norma :valore dichiarato.	R	
A 8a.2.4	rapporto d'aspetto (l/D <sub>eq</sub> )		Da norma: valore dichiarato. Raccomandato: 50 - 80	R	
A 8a.2.5	Massa volumica lineare	§5.2.3.3 UNI EN 14889-1	Nominale acciaio: 7850 kg/mc Nominale acciaio Inox 7950 kg/mc		
A 8a.2.6	Resistenza a trazione (EN 10002-1 + §5.3 EN 14889-1)	§5.3 UNI EN 14889-1	Valore dichiarato		
A 8a.2.7	modulo elastico (EN 10002-1 + §5.3 EN 14889-1)	§5.4 UNI EN 14889-1	Da norma: valore dichiarato Circa 200000 MPa per acciaio; Circa 170000 MPa per acciaio inox		
<b>A8a.3</b>	<b>Verifica requisiti prestazionali in calcestruzzo</b>				
A 8a.3.1	Effetto sulla consistenza rispetto a cls riferimento senza fibre (UNI EN 12350-3 Vebè test)	§5.7 UNI EN 14889-1	Variazione dichiarata della lavorabilità rispetto a cls di riferimento EN 14845-1 con un dosaggio di fibre in grado di garantire la prestazione A8a.3.2 ed eventuali aggiunte di superfluidificanti	Vedi verifiche Allegato 9	
A 8a.3.2	Effetto sulla resistenza a flessione residua su travi intagliate e caricate in mezzera (EN 14845-2, EN 14651)	§ 5.8 UNI EN 14889-1	Dosaggio di fibre dichiarato necessario a raggiungere R <sub>f</sub> = 1,5MPa con CMOD =0,5mm e R <sub>f</sub> =1,0MPa per CMOD=3,5mm su cls di riferimento EN 14845-1	Vedi verifiche Allegato 9	

**\*Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera:** in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sulle fibre in fase di prequalifica e qualifica possono essere limitate alla verifica documentale e alle sole prove R (raccomandate). Non sono richieste verifiche dei requisiti prestazionali rispetto al calcestruzzo di riferimento UNI EN 14845-1 rimandando direttamente al IE verifiche dei calcestruzzi fibrorinforzati da progetto definite in Allego 9 ai punti A.9.2.5 e A.9.4.3.

**\*\*Frequenza delle prove:** Solo documentale ad inizio fornitura qualora ciascuna fornitura all'impianto sia accompagnata dall'attestato di conformità secondo la norma Uni EN 14889-1 corredato dai risultati completi delle prove eseguite dal produttore secondo le frequenze indicate nelle norme medesime. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.8a in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.



	DESCRIZIONE CONTROLLO	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQ. E QUALIFICA *	CONTROLLO FASE ACCETTAZ **
		NORMA	VALORE CARATTERISTICO (tolleranza su singolo valore)		
<b>A8b</b>	<b>Fibre polimeriche per calcestruzzo</b>				
<b>A 8b.1</b>	<b>Verifica documentazione:</b>				
A 8b.1.1	Verifica attestato conformità CE	UNI EN 14889-2 (polimer.)	Attestazione sistema 1 per malte e cls strutturali; 3 per altri impieghi	X	Ogni fornitura
A 8b.1.2	Verifica scheda tecnica produttore		Verifica dosaggi raccomandati per raggiungere prestazione p.to A 8.3.2	X	Inizio fornitura
A 8b.1.3	Verifica dosaggio previsto nella ricetta qualificata		Verifica conformità ai dosaggi minimi raccomandati dal produttore	X	Inizio fornitura
<b>A 8b.2</b>	<b>Verifica requisiti identificazione</b>				
A 8a.2.1	Classificazione e forma	§5.1 UNI EN 14889-2	Classi Ia microfibre monofilamento Classi Ib microfibre fibrillate Classe II macrofibre per incremento della resistenza residua a flessione		
A 8b.2.2	Lunghezza	Prosp. 1 UNI EN 14889-2	Da norma :valore dichiarato. Raccomandato in CSA: 20 - 40 mm per macrofibre Classe II per incremento resistenza a flessione residua		
A 8b.2.3	diametro o spessore		Da norma :valore dichiarato. >0,30mm per macrofibre classe II per incremento resistenza a flessione residua ≤0,30mm per microfibre Classe I a monofilamento o fibrillate		
A 8b.2.4	rapporto d'aspetto (l/D <sub>eq</sub> )		Da norma: valore dichiarato. Raccomandato in CSA: 50 - 80 per macrofibrecls II		
A 8a.2.5	Massa volumica lineare (EN 13392)		Valore dichiarato		
A 8b.2.6	Resistenza a trazione (ISO 2062 , EN 10002-1	§5.4 UNI EN 14889-1	Valore dichiarato		
A 8a.2.7	modulo elastico (EN 10002-1 +§5.3 EN 14889-1)	§5.5 UNI EN 14889-1	Valore dichiarato		
A 8b.2.8	Punto di fusione e combustione (ISO 11357-3)	§5.6 UNI EN 14889-1	Valore dichiarato		
<b>A 8b.3</b>	<b>Verifica requisiti prestazionali in calcestruzzo</b>				
A 8b.3.1	Effetto sulla consistenza rispetto a cls senza fibre (UNI EN 12350-3 Vebè test)		Variazione dichiarata della lavorabilità rispetto a cls di riferimento EN 14845-1 con un dosaggio di fibre in grado di garantire la prestazione A 3.3.1 ed eventuali aggiunte di superfluidificanti	Vedi verifiche Allegato 9	
A 8b.3.2	Effetto sulla resistenza a flessione residua su travi intagliate e caricate in mezzera (EN 14845-2, EN 14651)		Dosaggio di fibre dichiarato necessario a raggiungere R <sub>f</sub> = 1,5MPa con CMOD =0,47mm e R <sub>f</sub> =1,0MPa per CMOD=3,5mm su cls di riferimento EN 14845-1	Vedi verifiche Allegato 9	



Coordinamento Territoriale/Direzione  
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO  
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2  
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0  
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

**\*Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera:** in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sulle fibre in fase di prequalifica e qualifica possono essere limitate alla verifica documentale e alle sole prove R (raccomandate). Non sono richieste verifiche dei requisiti prestazionali rispetto al calcestruzzo di riferimento UNI EN 14845-1 rimandando direttamente alle verifiche dei calcestruzzi fibrorinforzati da progetto definite in Allego 9 ai punti A.9.2.5 e A.9.4.3.

**\*\*Frequenza delle prove:** Solo documentale ad inizio fornitura qualora ciascuna fornitura all'impianto sia accompagnata dall'attestato di conformità secondo la norma Uni EN 14889-1 corredato dai risultati completi delle prove eseguite dal produttore secondo le frequenze indicate nelle norme medesime. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.8b in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.



#### 14.9 ALLEGATO 9: CONTROLLI SULLE MISCELE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQUALIF.*	CONTROLLO FASE QUALIFICA**	CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE***
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI			
A9	Calcestruzzo	MISCELE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO				
A 9.1	Verifica documenti					
A 9.1.1	Certificazione impianto			X	X	Prima fornitura
A 9.1.2	Disponibilità dossier prequalifica e/o qualifica			X	X	Prima fornitura
A 9.2	Verifiche composizionali					
A.9.2.1	Combinazione granulometria degli aggregati (UNI EN 932/1)	CSA; § 4.4.UNI 8520-2	La miscela deve essere costituita da almeno tre classi granulometriche diverse o due classi in caso di $D_{max} \leq 10\text{mm}$	X	X	
A.9.2.2	$D_{max}$ aggregato (UNI EN 932/1)	§ 3.1 CSA;	Verifica rispetto limiti di progetto correlati a copriferro, interferro e sezione minima struttura	X	X	X
A.9.2.3	Dosaggio cemento, acqua totale ed efficace, a/c, $a/(c + k \times \text{aggiunta})$					
a	Valori dichiarati in ricetta nominale (§ 5.3, §5.2.5.UNI EN 206-1)	CSA; prosp 4. UNI 11104	Verifica conformità a classe esposizione di progetto	X	X	Prima fornitura
b	Verifica con report pesate, misura umidità aggregati e rese impianti (§ 5.4.2 UNI EN 206-1)	CSA	Verifica conformità a classe esposizione di progetto e a valori nominali dichiarati	X (a/c = a/c nomin. $\pm 0,02\%$ )	X (a/c = a/c prequal. $\pm 0,03\%$ )	
c	Verifica con misura acqua totale per bruciatura cls (UNI 11201)	§ 3.4 NTC sez. 2 -CSA		X (a/c = a/c nomin. $\pm 0,02\%$ )	X (a/c = a/c prequal. $\pm 0,03\%$ )	Prima fornitura e ogni 1500 mc di cls fornito (a/c= a/c qualifica $\pm 0,03\%$ )
A.9.2.4	Contenuto di cloruri (§5.2.7 UNI EN 206-1: calcolo somma contributi dei vari componenti)	§ 3.3 NTC sez. 2 –CSA § prosp. 10 UNI EN 206-1	% rispetto a dosaggio cemento: $\leq 1\%$ per cls normale (non armato) $\leq 0,4\%$ per c.a. ( $\leq 0,2\%$ se richiesto) $\leq 0,2\%$ per c.a.p. ( $\leq 0,1\%$ se richiesto)	X	X	riverifica nel caso di rilevato aumento del contenuto di cloruri nei materiali componenti



	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQUALIF.*	CONTROLLO FASE QUALIFICA**	CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE***
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI			
A.9.3	Verifiche prestazioni principali					
A.9.3.1	Campionamento (UNI EN 12350/1)				X	
A.9.3.2	Temperatura aria e cls (§ 3.4 NTC sez. 2 –CSA, precisione ≥1°C)	§ 8.4.1 e 8.4.2 NTC sez. 2 –CSA	Climi freddi: Aria e cls≥5°C Se aria 0-5°C, riscaldam. cls ≥10°C se aria -4- 0°C, solo getti fondaz.e riscaldam. cls≥10°C se aria < -4°c sospensione getti Climi caldi: Aria e cassaforme≤33°C Se aria >33°C ° raffreddamento cls≤25°C	X	X	
A.9.3.3	Classe di consistenza per cls da asciutti a superfluidi (UNI EN 12350 /2 slump /3 tempo Vebè /5 spandimento)	§ 4.2.1 UNI EN 206-1 (§ Tab 6-9 Fpr EN 206 lug 2013)§ 3.3 e Tab II NTC sez. 2 -CSA; (salvo specifiche indicazioni di progetto, previste classi consistenza≥S4 con mantenimento per 60')	Prosp. 3 UNI EN 206-1: S1: 1-4 cm S2: 5-9 cm S3: 10-15 cm <b>S4: 16-20 cm</b> <b>S5: 21-25 cm</b> (oltrei 25cm passare a misura spandimento)	X (verifiche a fine miscelazione a 0'-30'-60', se previsto 90' e 120'	X (Ripetizione su 3 impasti: su un impasto verifiche a fine miscelazione a 0'-30'-60', se previsto 90' e 120'; su altri due impasti solo a 0')	
A.9.3.4	Classe di consistenza e reologia SCC (EN 12350/8 Prova di spandimento e del tempo di spandimento)	UNI EN 206-9 (§ 4.2.1 e Tab 6-9 Fpr EN 206 lug 2013)	Slump-flow(D <sub>max</sub> ≤ 40mm): SF1: 550-650mm (±50mm) SF2: 660-750mm (±50mm) SF3: 750-850mm(±50mm) Tempo spandimento 500mm VS1: < 2 sec; VS2: ≥ 2 sec (±1sec)			
	(EN 12350/9 Prova del tempo di efflusso-V Funnel)	§ 3.3 e Tab II NTC sez. 2 -CSA	Tempo svuotamento (D <sub>max</sub> ≤ 22,4mm): VF1: < 9(±3) sec; VF2: 9-25 (±5)sec	se previsto in specifico progetto	se previsto in specifico progetto	Se previsto, alla prima betoniera quindi con frequenze definite in specifico progetto
	(EN 12350/10 Prova di scorrimento confinato mediante scatola ad L)		H <sub>finale</sub> /H <sub>iniziale</sub> : PL1≥ 0,80 con 2 barre; PL2 ≥ 0,80 con 3 barre			



	(EN 12350/12 Prova di scorrimento confinato mediante anello a J)		Diff. abbassamento cls dentro e fuori J ring: ( $D_{max} \leq 40mm$ ): PJ1 $\leq 10mm$ con 12 barre PJ2 $\leq 10mm$ con 16 barre			
--	--	--	---	--	--	--

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQUALIF.*	CONTROLLO FASE QUALIFICA**	CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE***
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI			
A.9.3.5	<b>Omogeneità e segregabilità,</b> (S5: UNI EN 12350/5) (SCC:UNI EN 12350/8)	§ 3.3 NTC sez. 2 -CSA	confronto spandimento 0' e 60' (oltre se richiesto); valutazione visiva assenza segregazione (frazione grossa al centro e boiaccia lungo perimetro)	X	X (solo su una miscela delle tre)	Alla prima e ogni 1500mc di cls fornito
	(UNI EN 12350/11) Non applicabile in presenza di fibre o aggregati leggeri		Per cls S5, differenza trattenuti a setaccio 4 o 5mm a 0' (P <sub>1</sub> ) e 60' (P <sub>2</sub> ): (P <sub>1</sub> -P <sub>2</sub> ) $\leq 0,15$ (P <sub>1</sub> +P <sub>2</sub> )/2 Per SCC passante a 5mm: SR1 $\leq 20\%$ ; SR2 $\leq 15\%$ ;		X (solo su una miscela delle tre)	Alla prima fornitura e ogni 1500mc di cls fornito
A.9.3.6	Acqua essudata (UNI EN 480/4)	§ 3.7 NTC sez. 2 -CSA	$\leq 0,1\%$ rispetto al volume iniziale della miscela	X	X (solo su una miscela delle tre)	Alla prima fornitura e ogni 1500mc di cls fornito
A.9.3.6	Tempi di presa (UNI 7123)	§ 3.11 NTC sez. 2 -CSA	Conformità a limiti di progetto funzione tempi di scasso e lavorazioni		<b>Se richiesto</b> (solo su una miscela delle tre)	Alla prima fornitura e ogni 1500mc di cls fornito
A.9.3.7	Massa volumica a fresco (UNI EN 12350/6)	§ 3.5 NTC sez. 2 -CSA	$\pm 3\%$ rispetto a valore nominale definito nel dossier di prequalifica	X	X	Alla prima fornitura e ogni 1500mc di cls prodotto; per cls aerati, stessa frequenza misura aria
A.9.3.8	Aria inglobata (UNI EN 12350-7)	§ 3.6 NTC sez. 2 -CSA	$\leq 2,5\%$ per cls ordinari Per cls resistenti ai cicli di gelo-disgelo: 8% $\pm 1\%$ per D <sub>max</sub> fino a 10 mm 6% $\pm 1\%$ per D <sub>max</sub> tra 10 e 20 mm 5% $\pm 1\%$ per D <sub>max</sub> oltre 20 mm	X	X (solo su una miscela delle tre)	per cls aerati: al primo impasto o carico di ogni giorno di produzione
A.9.3.9	Massa volumica su cls indurito (UNI EN 12390/6)	§ 5.5.2 UNI EN 206-1 § 3.5 NTC sez. 2 -CSA	2000 kg/mc $\leq M_v$ secco $\leq 2600$ kg/mc M <sub>v</sub> provini stagionati UR>95% o in acqua: $\pm 50$ kg/mc rispetto a valore a fresco	X	X	su tutti i provini delle prove meccaniche previste
A.9.3.10	Resistenza a compressione (UNI EN 12390/3) su cubi lato 15cm (20cm per D <sub>max</sub> > 40mm)	§ 4.3.1, § 8.2.1, App. A UNI EN 206-1 § da 11.2.1 a 11.2.6 DM 14-01-2008 § 3.2, §5, §6 NTC sez. 2 -CSA	Variabile con la fase di controllo			
	R <sub>cm</sub> 2-7-14gg o altre su specifica richiesta per curva resistenza nel tempo			X	R <sub>cm</sub> = R <sub>cmreq.</sub> $\pm 10\%$ (solo su una miscela delle tre)	Se previste, secondo frequenze specifico progetto



	$R_{ck}$ a 28gg			$R_{min} \geq R_{ck}$ $R_{cm} \geq R_{ck} + k$ $(k = 2 \cdot s_{qm} = 6-12, 12$ se n.d.)	$R_{cm} = R_{cm\text{req}} \pm 10\%$	Prove e frequenze secondo DM 14/01/01 (vedi nota ***) Per cls non strutturale 1 prelievo (2 cubetti)/500 mc di getto
--	-----------------	--	--	---	--------------------------------------	---

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQUALIF.*	CONTROLLO FASE QUALIFICA**	CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE***
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI			
A 9.4	Verifiche prestazioni aggiuntive § 3.12 NTC sez. 2 –CSA	Tab. III e cap. 7 NTC sez. 2 –CSA	Prove raccomandabili a seconda delle varie tipologie di cls indicate in Tab. III o al cap. 7 cls speciali delle NTC sez. 2 –CSA o per specifiche prescrizioni di progetto			
A 9.4.1	Resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12390/6)	§ 3.12.1 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista			Secondo prescrizioni specifico progetto
A 9.4.2	Resistenza a flessione (UNI EN 12390/7)	§ 3.12.2 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista			Secondo prescrizioni specifico progetto
A 9.4.3	Resistenza a flessione e duttilità clsfibrorinforzati (UNI EN 12390/7, UNI 111039, UNI EN 14641)	§ 3.12.2 e §7.3 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista		(sempre per clsfibrorinforzati §7.3)	Secondo prescrizioni specifico progetto
A 9.4.4	Modulo elastico dinamico e statico (UNI EN 12504/4,UNI 6556)	§ 3.12.3 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista			Secondo prescrizioni specifico progetto
A 9.4.5	Deformazione viscosa (UNI EN 12390/6)	§ 3.12.4 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista			Secondo prescrizioni specifico progetto
A 9.4.6	Ritiro idraulico libero (UNI 11307)	§ 3.12.5 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista		(sempre per cls a ritiro ridotto con SRA)	Secondo prescrizioni specifico progetto
A 9.4.7	Ritiro idraulico/espansione contrastata (UNI 8148 met. B)	§ 3.12.6 NTC sez. 2 –CSA	A seconda del sistema espansivo utilizzato, dosaggi e valori a breve termine da verificare in modo da ottenere un'espansione residua a 90gg ≥ 0 µm/m		(sempre per cls a ritiro compens. §7.2)	Secondo prescrizioni specifico progetto
A 9.4.8	Permeabilità all'acqua: (UNI EN 12390/8)	§ 3.12.7 NTC sez. 2 –CSA §7.1 LL.GG. cls strutturale	Per le varie classi esp.: valore max ≤ 50 mm valore medio ≤ 20 mm			Secondo prescrizioni specifico progetto
A 9.4.9	Gradiente termico (§ 3.12.8 NTC sez. 2 –CSA)	§ 3.12.8 e § 7.1 NTC sez. 2 –CSA	Per calcestruzzi destinati a getti massivi § 7.1 NTC sez. 2 CSA o in condizioni ambientali con elevato gradiente termico			Secondo prescrizioni specifico progetto con termocoppie posizionate su elementi strutturali critici
A 9.4.10	Resistenza ai cicli di gelo disgelo (UNI CEN/TS 12390-9)	Nota a)prosp. F1 UNI EN 206-e prosp. 4 UNI 11104	Per calcestruzzi in classi XF: prova non necessaria qualora vengano soddisfatti i requisiti di aria inglobata di cui al			



			p.to A.9.3.8.			
--	--	--	---------------	--	--	--

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQUALIF.*	CONTROLLO FASE QUALIFICA**	CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE***
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI			
<b>A.9.5</b>	<b>Verifiche calcestruzzo in opera</b>	§ 6.3 NTC sez. 2 –CSA § 11.2.6 NTC DM 14-1-08 e § C.11.2.6 Circ. esplic. n° 617 del 2/2/09			In casi specifici possono essere prescritte delle verifiche su getti di prova che simulino le reali condizioni di getto	Nel caso in cui uno o più controlli di accettazione non dovessero risultare soddisfatti, in caso di dubbio sulla efficacia della compattazione e stagionatura adottata o in generale in caso di dubbi sulla qualità e rispondenza del calcestruzzo messo in opera ai valori di resistenza prescritti
A.9.4.1	Grado di compattazione cls in opera (UNI EN 12390/6)	§ 3.10 NTC sez. 2 –CSA	valutato su media 2 di carote s.s.a. rispetto a media provini stagionati UR>95% o in acqua del corrispondente getto. Mv cls in opera/ Mv provini $\geq 0,97$			Con frequenza previste da progetto o in caso di dubbio
A.9.4.2	Misura Rc su carote (UNI EN 12504/1 UNI EN 12390/3)	§ 11.2.6 NTC DM 14-1-08 e § C.11.2.6 Circ. esplic. n° 617 del 2/2/09	Valutazione $R_{ckstrutt.} \geq 0,85 R_{ckprog.}$			Almeno 3 carote ogni 300mq per piano e per tipo di calcestruzzo
A.9.4.3	Indagini ultrasoniche (UNI EN 12504/4)		Valutazione comparativa disomogeneità calcestruzzo; Valutazione $R_{ckstrutt.} \geq 0,85 R_{ckprog.}$ (solo previa taratura della prova su almeno 3 punti di carotaggio e preferibilmente in combinazione con misura ultrasoniche secondo metodo SON-REB)			Con N° carote $\geq 15$ , $f_{ckstrutt.} = \min$ tra $f_{cmstrutt.}^{-4}$ $f_{cmstrutt.} + 1,48$ s.q.m.
A.9.4.4	Indagini sclerometriche (UNI EN 12504/4)					Per N° carote $< 15$ , $f_{ckstrutt.} = \min$ tra $f_{cmstrutt.}^{-4}$ $f_{cmstrutt.} + K$ con K=5 per 10-14 carote K=6 per 7-9 carote K=7 per 3-6 carote
A.9.4.4	Estrazione tasselli post- inseriti, Pull-out (UNI EN 12504/3)	LL. GG.STC per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive  UNI EN 13791	Valutazione comparativa disomogeneità calcestruzzo; Valutazione $R_{ckstrutt.} \geq 0,85 R_{ckprog.}$ (solo previa taratura della prova su almeno 3 punti di carotaggio)			Per passare dai valori cilindrici di $f_{ck}$ ( $h/2=2$ ) a quelli cubici di $R_{ck}$ ( $h/d=1$ ), i valori delle formule sopra riportati vanno divisi per 0,83. Per raggiungere il numero di minimo di risultati necessari per l'applicazione delle varie formule, possono essere sostituite al massimo la metà dei carotaggi con almeno





						il triplo delle misure non distruttive tarate sulle rimanenti misure dirette (non meno di 3 in ogni caso)
--	--	--	--	--	--	---

**\*Prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001.** Seguendo le indicazioni previste nell'appendice A dalla UNI EN 206/1 relativamente alle prove iniziali, la valutazione della classe di consistenza e della resistenza media a compressione alle varie stagionature previste (media di 3 provini su ogni stagionatura) dovrà essere ripetuta su tre diversi impasti.

Nel caso di impianti di calcestruzzo in possesso di certificazione FPC , le prove di autocontrollo della produzione sono sostitutive di quelle di prequalifica effettuate presso i laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. La certificazione da parte di questi ultimi laboratori rimane comunque obbligatoria nel caso di utilizzo di aggregati riciclati o di produzione di calcestruzzi speciali di cui al §7 se non rientranti nell'ordinaria produzione dell'impianto. In ogni caso dovrà essere fornito un Dossier di prequalifica contenete le informazioni di cui al § 5.1.1 del CSA..

**\*\*Prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001** sulla ripetizione di tre miscele consecutive. La verifica sarà completa su una miscela mentre sulle altre due ripetizioni sarà limitata solo alla verifica delle proprietà principali segnalate in tabella.

**\*\*\* Prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001.** La verifica della classe di resistenza a compressione a 28gg sarà eseguita secondo il numero e la tipologia dei controlli conforme alle due tipologie previste al § 11.2.5 del DM 14-01-2008:

- **tipo A** (solo per getti di miscela omogenea inferiori ai 1500 m<sup>3</sup>) su serie di 3 prelievi di coppie di provini (6 provini):  $R_{cm} \geq R_{ckprog} + 3.5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ ;  $R_{cmin} \geq R_{ckprog} - 3.5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
- **tipo B** su serie di 15 prelievi di coppie di provini (30 provini):  $R_{cm} \geq R_{ckprog} + 1,48 * s.q.m.$  ;  $R_{cmin} \geq R_{ckprog} - 3.5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ .

Per entrambi i tipi di controlli, oltre al numero minimo di prelievi, comunque un prelievo ogni 100mc e ogni giorno di getto della stessa ricetta di cls.

Nel caso di numero di prelievi superiori a 3 o 15 rispettivamente per il controllo di tipo A e di tipo B, il controllo di accettazione si intende eseguito sull'ultima serie consecutiva di 3 o 15 prelievi.



Coordinamento Territoriale/Direzione  
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO  
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2  
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0  
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

#### 14.10 ALLEGATO 10

TABELLA A10.1: Sintesi requisiti prestazionali per prodotti di riparazione strutturali (Classi R3 ed R4 UNI EN 1504/3)

**VEDI:**

**Capitolato Speciale d'Appalto**

**Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2**

**Ripristino Ponti e Viadotti**

i



Coordinamento Territoriale/Direzione  
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO  
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2  
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0  
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

Tabella A10.2: Sintesi requisiti prestazionali per prodotti rivestimento superficiale (UNI EN 1504-2, tipo rivestimento con requisiti di protezione contro i rischi di penetrazione prosp. ZA.1d ) (1/2)

**VEDI:**

**Capitolato Speciale d'Appalto**

**Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2**

**Ripristino Ponti e Viadotti**

Tabella A10.3: Sintesi requisiti prestazionali aggiuntivi rispetto a prospetto A9 per calcestruzzi da ripristino strutturale con prove qualifica certificate

(1/2)



	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQUALIF.*	CONTROLLO FASE QUALIFICA**	CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE***
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI			
A10.3	Calcestruzzo per ripristini strutturali					
A 10.3.1	Verifica documenti					
.1	Certificazione impianto			X	X	Prima fornitura
.2	Disponibilità dossier prequalifica e/o qualifica			X	X	Prima fornitura
A 10.3.2	Verifiche composizionali	Uguale a serie A.9. 2 in Allegato 9 per cls ordinari				
A 10.3.3	Verifiche prestazioni principali	Uguale a serie A.9.3 in Allegato 9 per cls ordinari				
A 10.3.4	Verifiche prestazioni aggiuntive	cap. 8.2 NTC sez. 2 –CSA				
.1	Resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12390/6)	§ 3.12.1 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista	X	X	Secondo prescrizioni specifico progetto
.2	Resistenza a flessione (UNI EN 12390/7)	§ 3.12.2 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista		X	Secondo prescrizioni specifico progetto
.3	Resistenza a flessione e duttilità cls fibrorinforzati (UNI EN 12390/7, UNI 111039, UNI EN 14641)	§ 3.12.2 e §7.3 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista		X (per cls fibrorinforzati §7.3)	Secondo prescrizioni specifico progetto
.4	Modulo elastico dinamico e statico (UNI EN 12504/4,UNI 6556)	§ 3.12.3 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista		X	Secondo prescrizioni specifico progetto
.5	Ritiro idraulico libero (UNI 11307)	§ 3.12.5 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista	X	X	Secondo prescrizioni specifico progetto
.6	Ritiro idraulico/espansione contrastata (UNI 8148 met. B)	§ 3.12.6 NTC sez. 2 –CSA	A seconda del sistema espansivo utilizzato, dosaggi e valori a breve termine da verificare in modo da ottenere un'espansione residua a 90gg ≥ 0 µm/m	X	X	Secondo prescrizioni specifico progetto

Tabella A10.3: Sintesi requisiti prestazionali aggiuntivi rispetto a prospetto A9 per calcestruzzi da ripristino strutturale con prove qualifica certificate

(2/2)



	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQUALIF.*	CONTROLLO FASE QUALIFICA**	CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE***
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI			
A 10.3.4	Verifiche prestazioni aggiuntive	cap. 8.2 NTC sez. 2 –CSA				
.7	Permeabilità all'acqua: (UNI EN 12390/8)	§ 3.12.7 NTC sez. 2 –CSA §7.1 LL.GG. cls strutturale	Per classi esp. con $\alpha/c \leq 0,55$ : valore max $\leq 50$ mm valore medio $\leq 20$ mm	X	X	Secondo prescrizioni specifico progetto
.8	Resistenza ai cicli di gelo disgelo (UNI CEN/TS 12390-9)	Nota a) prosp. F1 UNI EN 206-e prosp. 4 UNI 11104	Per calcestruzzi in classi XF: Rc dopo cicli Rc resistenza cicli Prova non necessaria qualora vengano soddisfatti i requisiti di aria inglobata. 8% $\pm$ 1% per D <sub>max</sub> fino a 10 mm 6% $\pm$ 1% per D <sub>max</sub> tra 10 e 20 mm 5% $\pm$ 1% per D <sub>max</sub> oltre 20 mm			
.9	Resistenza alla carbonatazione (UNI EN 13295) su provini 10x10x10cm di cls da certificare e di cls di riferimento tipo MC (0,45) EN 1766		$d_k \leq c_{ls}$ di controllo MC(0.45)			
.10	Permeabilità ai cloruri: Coefficiente diffusione in regime non stazionario (Dss) su provini esposti 90gg in soluzione NaCl (UNI CEN/TS 12390-11)		Solo per cls in classe esp XS o XD : Dss (m <sup>2</sup> /s <sup>-1</sup> ): limite raccomandato da definire in base alla vita utile di progetto (t) e al copriferro (x) previsto secondo l'equazione $x = \sqrt{Dss \ t}$			

\* Prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001. Seguendo le indicazioni previste nell'appendice A dalla UNI EN 206/1 relativamente alle prove iniziali, la valutazione della classe di consistenza e della resistenza media a compressione alle varie stagionature previste (media di 3 provini su ogni stagionatura) dovrà essere ripetuta su tre diversi impasti.

Nel caso di impianti di calcestruzzo in possesso di certificazione FPC , le prove di autocontrollo della produzione sono sostitutive di quelle di prequalifica effettuate presso i laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. La certificazione da parte di questi ultimi laboratori rimane comunque obbligatoria nel caso di utilizzo di aggregati riciclati o di



Coordinamento Territoriale/Direzione  
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO  
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2  
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0  
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

produzione di calcestruzzi speciali di cui al corrispondente non compresi nella produzione ordinaria dell'impianto. In ogni caso dovrà essere fornito un Dossier di prequalifica contenente le informazioni di cui al § 5.1.1 del CSA..

**\*\*** Prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001 sulla ripetizione di tre miscele consecutive. La verifica sarà completa su una miscela mentre sulle altre due ripetizioni sarà limitata solo alla verifica delle proprietà principali segnalate in tabella.



Tabella A10.4: Sintesi delle prove e delle osservazioni per il controllo di qualità secondo UNI EN 1504-10 di malte e calcestruzzi per rivestimento (UNI EN 1504-2) o ripristino strutturale e non (UNI EN 1504-3) (1/4)

Caratteristica	Metodo misura (descriz. in A9 EN 1504-3A9 EN 1504-10)	Norma riferimento	Frequenza prova o osservazione	Esecuzione controllo	Limiti SA9 EN 1504-10
Verifica delle condizioni del supporto prima e /o dopo la preparazione					
Delaminazione superficie substrato	Sondaggio con martello		Una volta prima dell'applicazione	SI	
Resistenza a trazione superficiale del supporto	Prova di trazione diretta (Pull-off)	EN 1542	Prima dell'applicazione: esame dei risultati di precedenti indagini diagnostiche -conoscitive o definizione di un piano d'indagine da concordare con ANAS con localizzazione della posizione e del numero dei punti di verifica	SI	
Profondità carbonatazione	Prova alla fenoltaleina su carota o carbotest	EN 14630		SI	
Profondità penetrazione cloruri	Campionamento a varie profondità ed analisi in laboratorio	EN 14629		In caso di ambiente XS, XS, XF2/4, XA	
Penetrazione di altri contaminanti	Campionamento a varie profondità ed analisi in laboratorio	Da definire in base al tipo di contaminante		In caso di ambiente XA	
Pulizia substrato	Osservazione visiva di asciugamento		Dopo la preparazione e immediatamente prima dell'applicazione	SI	
Irregolarità superficie	Ispezione visiva e misure con squadra acciaio		Prima dell'applicazione	Solo per metodo rivestimento superf.	
Ruvidità	Ispezione visiva o metodo superf. Sabbia o profilometro	§ 7.2 EN 1766 EN ISO 3274 EN ISO 4288	Prima dell'applicazione	SI	
Tenore di umidità del supporto	Ispezione visiva		Prima e durante l'applicazione	SI	
	campionamento in opera ed essiccazione in laboratorio o prove resistività o sonde umidità o igrometro a carburo	UNI 10329 §6.2 UNI 10329 §6.1		Solo rivestimenti superficiali che richiedano umidità inferiori ad un certo limite	
Temperatura supporto	Misura con termometro da superf. accuratezza 1°C		Per tutta la durata dell'applicazione	SI	5°C-30°C
Vibrazioni	Misura con accelerometro		Prima e durante l'applicazione dell'applicazione	SI	Inferiori ai carichi dinamici accettati dai prodotti



Tabella A10.4: Sintesi delle prove e delle osservazioni per il controllo di qualità secondo UNI EN 1504-10 di malte e calcestruzzi per rivestimento (UNI EN 1504-2) o ripristino strutturale e non (UNI EN 1504-3) (2/4)

Caratteristica	Metodo misura (descriz. in A9 EN 1504-5A9 EN 1504-10)	Norma riferimento	Frequenza prova o osservazione	Esecuzione controllo	Limiti 5A9 EN 1504-10
<b>Accettazione dei prodotti e dei sistemi</b>					
Identità dei prodotti applicati	Verifica certificazione di prodotto o di prove qualifica, schede tecniche e DDT	EN 1504/8 per malte prem. § 5.1.2 e Tab. A10.2 per cls (acqua EN 1008)	A ogni fornitura prima dell'utilizzo	SI	
<b>Condizioni e requisiti prima e/o durante l'applicazione</b>					
Temperatura ambiente	Termometro accuratezza 1°C		Per tutta la durata dell'applicazione	SI	
Umidità ambiente e punto di rugiada	Igrometro e termometro accuratezza 0,5°C (vedi tabella 5A.92 EN 1504/10)	ISO 4677-1,2	Per tutta la durata dell'applicazione	Solo per metodo rivestimento superf. se il tipo di prodotto lo richiede	Dipende da materiale ma preferibile evitare applicazioni a temperature minore di 3°C sopra punto di rugiada
Precipitazioni	Ispezione visiva		Quotidiana	SI	Assenti
Resistenza al vento	Anemometro		Prima dell'utilizzo	Solo per metodo rivestimento superf.	Minore 8 m/s
Spessore del rivestimento umido	ispezione visiva Calibro a pettine o a ruota (solo per rivestimenti superficiali ancora umidi)	ISO 2808	Subito dopo l'applicazione	SI	
Contenuto d'aria nella miscela fresca	Metodo porosimetro a pressione	EN 1015-7 (malta) EN 12350/7 (cls)	Quotidiana o per ogni lotto	Solo per malte o cls in classe di esp. XF additivati con aeranti	





Tabella A10.4: Sintesi delle prove e delle osservazioni per il controllo di qualità second UNI EN 1504-10 di malte e calcestruzzi per rivestimento (UNI EN 1504-2) o ripristino strutturale e non (UNI EN 1504-3) (3/4)

Caratteristica	Metodo misura (descriz. in A9 EN 1504-3A9 EN 1504-10)	Norma riferimento	Frequenza prova o osservazione	Esecuzione controllo	Limiti §A9 EN 1504-10
Condizioni e requisiti prima e/o durante l'applicazione					
Consistenza della malta	Scorrimento (malte colabili) Spandimento tavola a scosse (malte tixotropiche)	EN 13395-3 EN 13395-2	Quotidiana o per ogni lotto	Solo per ripristino o consolidamento strutturale con malte	
Consistenza del calcestruzzo	Tempo Vebè Abbassamento cono Abrams Spandimento tavola a scosse Diametro e tempo Spandimento SCC Eventuali altre prove SCC definite in qualifica	EN 12350/3 EN 12350/2 EN 12350/5 EN 12350/8 EN 12350/9-12	Quotidiana o per ogni lotto	Solo per ripristino o consolidamento strutturale con calcestruzzo	
Condizioni e requisiti dopo l'indurimento					
Copertura del rivestimento e spessore del rivestimento asciutto o indurito	Ispezione visiva Intaglio a cuneo e misura con calibro (malta) carotaggio(per cls)	ISO 2808 EN 12504/1	Una volta per tipo di elemento	SI	
Fessurazione da ritiro plastico ed igrometrico	Ispezione visiva con bagnatura superficie ed eventuale misura fessure con calibro		Quotidiana o per ogni lotto	SI	< 0,1mm
Colore e tessitura delle superfici finite	Esame visivo		Quotidiana o per ogni lotto	Solo per ripristino o consolidamento strutturale con malta o calcestruzzo	



Tabella A10.4: Sintesi delle prove e delle osservazioni per il controllo di qualità secondo UNI EN 1504-10 di malte e calcestruzzi per rivestimento (UNI EN 1504-2) o ripristino strutturale e non (UNI EN 1504-3) (4/4)

Caratteristica	Metodo misura (descriz. in A9 EN 1504-5A9 EN 1504-10)	Norma riferimento	Frequenza prova o osservazione	Esecuzione controllo	Limiti 5A9 EN 1504-10
Condizioni e requisiti dopo l'indurimento					
Presenza vuoti dentro e dietro il materiale	Misura con ultrasuoni o eventuale esame visivo dopo carotaggio	EN 12504-4 EN 12504/1	Una volta per valutare l'efficienza e in caso di dubbio	SI	
Massa volumica s.s.a. conglomerato indurito	Misura su carote	EN 12504/1 EN 12390/7	Una volta per tipo di elemento	Solo per ripristino o consolidamento strutturale con malta o calcestruzzo	$\geq 0,97$ massa volumica misurata su provini delle certificazioni in laboratorio dei corrispondenti getti
Resistenza a compressione a 28gg (altre stag. se da progetto)	Su prismi 4x4x16 per malte su cubi 15x15x15 per betoncini o cls	UNI EN 12190 EN 12390/3	<i>frequenze controllo tipo A o B § 11.2.3 DM 14-01-02</i>	Solo per ripristino o consolidamento strutturale con malta o calcestruzzo	Come da controllo tipo A o B § 11.2.3 DM 14-01-02
Resistenza a compressione del materiale messo in opera	Prova di compressione su carote h/d=1	EN 12504/1 EN 12390/3	Una volta per tipo di elemento	Solo per ripristino o consolidamento strutturale con malta o calcestruzzo	Come da § 11.2.6 DM 14-01-02: $R_{ck}$ in sito $\geq 0,85 R_{ck}$ progetto
Resistenza a flessione a 28gg	Su terna prismi 4x4x16cm per malte su terna travi 15x15x60cm per betoncini o cls	EN 12390/7	Una volta per tipo di elemento	Solo per ripristino o consolidamento strutturale con malta o calcestruzzo	$\geq$ valore caratteristico dichiarato
Aderenza in sito	Trazione diretta	EN 1542	Una volta per tipo di superficie o di elemento	SI	$\leq$ resist trazione supporto; per malte e cls ripristini strutturali: 1,2-1,5MPa; non strutturali: $\geq 0,7$ MPa
Permeabilità all'acqua	Prova in sito di Karsten carotaggio e prova di penetrazione dell'acqua	NF P84-402 o NF T 30-801 EN 12390-8	Una volta per valutare l'efficienza	SI	Prova in sito da correlare con EN 12390/8 i cui limiti sono penetrazioni Max $\leq 50$ mm; Media $\leq 20$ mm



Tabella A10.5: Sintesi delle prove e delle osservazioni per il controllo di qualità secondo UNI EN 1504-10 di prodotti per iniezioni dei calcestruzzi (UNI EN 1504-5) (1/2)

Caratteristica	Metodo misura (descriz. in A9 EN 1504-5A9 EN 1504-10)	Norma riferimento	Frequenza prova o osservazione	Esecuzione controllo	Limiti SA9 EN 1504-10
Verifica delle condizioni del supporto prima e /o dopo la preparazione					
Pulizia substrato	Osservazione visiva di asciugamento		Dopo la preparazione e immediatamente prima dell'applicazione	SI	
Larghezza e profondità delle fessure	Misura con calibri o sonde ottiche da superficie, prova ultrasuoni o eventuale esame visivo dopo carotaggio	ISO 8047 EN 12504-4 EN 12504-1	Prima dell'applicazione	SI	Accuratezza > 0,10mm
Movimento delle fessure	Calibri meccanici o elettrici o sonde ottiche da superficie o estensimetri o vetrini		Prima dell'applicazione	SI.	Accuratezza > 0,10mm
Tenore di umidità del supporto	Ispezione visiva		Prima e durante l'applicazione	SI	
	campionamento in opera ed essiccazione in laboratorio o prove resistività o sonde umidità o igrometro a carburo	UNI 10329 §6.2 UNI 10329 §6.1		Solo rivestimenti superficiali che richiedano umidità inferiori ad un certo limite	
Temperatura supporto	Misura con termometro da superf. accuratezza 1°C		Per tutta la durata dell'applicazione	SI	5°C-30°C
Contaminazione delle fessure	Campionamento con carotaggio o perforazione a varie profondità ed analisi in laboratorio	EN 12504-1 EN 14629 altre da definire in base al tipo di contaminante	Prima dell'applicazione: esame dei risultati di precedenti indagini diagnostiche- conoscitive o definizione di un piano d'indagine da concordare con ANAS con localizzazione della posizione e del numero dei punti di verifica	SI	



Tabella A10.5: Sintesi delle prove e delle osservazioni per il controllo di qualità secondo UNI EN 1504-10 di prodotti per iniezioni dei calcestruzzi (UNI EN 1504-5) (2/2)

Caratteristica	Metodo misura (descriz. in A9 EN 1504-5A9 EN 1504-10)	Norma riferimento	Frequenza prova o osservazione	Esecuzione controllo	Limiti §A9 EN 1504-10
Accettazione dei prodotti e dei sistemi					
Identità dei prodotti applicati	Verifica certificazione di prodotto o di prove qualifica, schede tecniche e DDT	EN 1504/8 (acqua EN 1008)	A ogni fornitura prima dell'utilizzo	SI	
Condizioni e requisiti prima e/o durante l'applicazione					
Temperatura ambiente	Termometro accuratezza 1°C		Per tutta la durata dell'applicazione	SI	
Umidità ambiente e punto di rugiada	Igrometro e termometro accuratezza 0,5°C (vedi tabella §A.92EN 1504/10)	ISO 4677-1,2	Per tutta la durata dell'applicazione	Solo per metodo rivestimento superf. se il tipo di prodotto lo richiede	Dipende da materiale ma preferibile evitare applicazioni a temperature minore di 3°C sopra punto di rugiada
Precipitazioni	Ispezione visiva		Quotidiana	SI	Assenti
Condizioni e requisiti dopo l'indurimento					
Grado di riempimento delle fessure	sonde ottiche da superficie prova ultrasuoni o eventuale esame visivo dopo carotaggio	ISO 8047 EN 12504-4 EN 12504-1	Una volta per valutare l'efficienza	SI	≥80%
Permeabilità all'acqua	Prova in sito di Karsten carotaggio e prova di penetrazione dell'acqua	NF P84-402 o NF T 30-801  EN 12390-8	Una volta per valutare l'efficienza	SI	<i>Prova in sito da correlare con EN 12390/8 i cui limiti sono penetrazioni Max ≤ 50mm; Media ≤ 20mm</i>



**Anas S.p.A.**

Via Monzambano, 10 - 00185 Roma

[www.stradeanas.it](http://www.stradeanas.it)