



## PROGRAMMA OPERATIVO COMPLEMENTARE (P.O.C.) 2014 - 2020

ATTUAZIONE DELIBERAZIONE CIPE N. 54 / 2016

Deliberazione Giunta Regione Campania n. 113 del 26.03.2019

BENEFICIARIO ATTUAZIONE OPERAZIONE

### CONSORZIO DI BONIFICA "VELIA"

Località Piano della Rocca, 84060 - PRIGNANO CILENTO (SA)

Tel. 0974/837206 - Fax. 0974/837154 - Pec: consorziovelia@pec.it - www.consorziovelia.com

**Id. 261\_1 - C.U.P. E21B04000330006. Ripristino viabilità e collegamenti del bacino della diga di Piano della Rocca. INTERVENTO DI COMPLETAMENTO**

Fattibilità tecnico economica

Progetto definitivo

Progetto esecutivo

### R - DOCUMENTAZIONE TECNICO / ECONOMICA

Capitolato Speciale d'Appalto  
(Calcestruzzi, acciai)

Sigla progressiva	<b>R 0 0 5</b>	Scala	-	Cod. elaborato	<b>T E 0 0 D T E D T 0 5</b>
-------------------	----------------	-------	---	----------------	------------------------------

Data prima emissione del documento	Revisione	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
<b>11/2020</b>		data	data	data	data	data
		---	---	---	---	---

Riferimento archivio digitale	N. 036.2020/Ve.Ing.
-------------------------------	---------------------

<b>RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO</b>	
<b>Ing. Marcello Nicodemo</b> Consorzio di Bonifica "Velia" Loc. Piano della Rocca - 84060 - Prignano Cilento (SA) Tel. 0974.837206 - Pec: consorziovelia@pec.it Iscritto all'Albo degli Ingegneri di Salerno n. 1931 dal 16.04.1984	
<b>PROGETTAZIONE</b>	
<b>VELIA INGEGNERIA E SERVIZI SRL</b> Loc. Piano Della Rocca 84060 - Prignano Cilento (SA) Tel. 0974/837206 fax 0974/837154 - Pec: veliaingegneria@pec.it <b>Ing. Gaetano Suppa - Direttore Tecnico</b> Iscritto all'Albo degli Ingegneri di Salerno n. 1854 dal 12.09.1983	
<b>GEOLOGIA</b>	
<b>RTP TRONCARELLI - VENOSINI - ROSSI</b> <b>Dott. Geol. Roberto Troncarelli</b> (mandataria) - P.IVA 01400050560 <b>Dott. Geol. Andrea Venosini</b> (mandante) Legale Rappresentante Geoven di Venosini Andrea - P.IVA 02110500697 <b>Dott. Geol. Giuseppe Rossi</b> (mandante) Legale Rappresentante Geolab di Giuseppe Rossi - P.IVA 02308670690	



**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO  
 (Calcestruzzi e acciai)**

**Sommario**

<b>1) Premessa</b> .....	<b>3</b>
<b>2) Conglomerati cementizi</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 Prescrizioni per la durabilità delle opere in calcestruzzo</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2 Tipologie e requisiti dei calcestruzzi a prestazione garantita</b> .....	<b>4</b>
2.2.1 Calcestruzzi speciali .....	8
<b>3) Acciai</b> .....	<b>11</b>
<b>3.1 Caratteristiche tecniche</b> .....	<b>11</b>
<b>4.1 Caratteristiche tecniche</b> .....	<b>13</b>
<b>Accettazione e controlli</b> .....	<b>13</b>
<b>5.1 Controllo delle certificazioni per materie prime e prodotti</b> .....	<b>13</b>
<b>5.2 Prequalifica e qualifica</b> .....	<b>13</b>
5.2.1 Prequalifica e qualifica dei conglomerati cementizi .....	13
5.2.2 Calcestruzzo prodotto senza processo industrializzato .....	14
5.2.3 Calcestruzzo prodotto con processo industrializzato .....	16
5.2.4 Qualifica dei calcestruzzi speciali.....	17
5.2.5 Qualifica degli acciai .....	19
<b>rolli in corso d'opera</b> .....	<b>20</b>
<b>6.1 Controlli in corso d'opera sui conglomerati cementizi</b> .....	<b>20</b>
6.1.1 Controlli di accettazione sui conglomerati cementizi.....	20
6.1.2 Controllo della resistenza del calcestruzzo messo in opera.....	22
6.1.3 Controlli aggiuntivi sui calcestruzzi speciali .....	23
<b>6.2 Controlli sugli acciai</b> .....	<b>24</b>
<b>7 Laboratori accreditati e autorizzati</b> .....	<b>26</b>
<b>7.1 Modalità di esecuzione</b> .....	<b>26</b>
7.1.1 Confezionamento e trasporto dei conglomerati cementizi.....	26
7.1.3 Posa in opera dei conglomerati cementizi .....	27
7.1.4 Getto del calcestruzzo .....	27
7.1.5 Riprese di getto .....	31
<b>7.2 Casseforme</b> .....	<b>31</b>
7.2.1 Pulizia e trattamento delle casseforme .....	32
7.2.2 Predisposizione di fori, tracce e cavità .....	32
7.2.3 Stagionatura e disarmo.....	32
7.2.4 Rimozione dei casseri e maturazione umida .....	33
7.2.5 Maturazione accelerata con trattamenti termici.....	33
7.2.6 Regolarità delle superfici casserate .....	34
7.2.7 Giunti di discontinuità ed opere accessorie nelle strutture in conglomerato cementizio .....	35
<b>7.3 Armature per calcestruzzo armato</b> .....	<b>36</b>
<b>7.4 Armature di precompressione</b> .....	<b>36</b>
7.4.1 Fili, barre e trefoli .....	37
7.4.2 Testatura delle armature di precompressione.....	37
7.4.3 Iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. nuove .	37
7.4.4 Iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. esistenti .....	39



7.4.6 Modalità di iniezione .....	40
<b>8 Prove .....</b>	<b>41</b>
8.1 Malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione .....	41
8.2 Tolleranze di esecuzione .....	42
9.1 Norme generali .....	42
9.2 Criteri di misura .....	43
9.2.1 Conglomerati cementizi .....	43
9.2.2 Casseforme .....	44
9.2.3 Acciaio per c.a. e c.a.p. ....	44
10.1 Conglomerati cementizi .....	45
10.2 Acciaio per c.a. e c.a.p. ....	47
<b>11 Collaudo .....</b>	<b>47</b>
<b>Manutenzione .....</b>	<b>48</b>
12.1 Contenuti ed articolazione del piano di manutenzione .....	48
<b>3 Normative e riferimenti .....</b>	<b>48</b>
13.1 Leggi e normative sugli aspetti strutturali .....	49
13.2 Leggi e normative inerenti il rilascio della marcatura CE .....	49
14.1 Caratteristiche dei materiali costituenti i conglomerati cementizi .....	51
14.1.1 Cemento .....	51
14.1.2 Controlli sul cemento .....	51
14.1.3 Aggiunte minerali .....	52
14.1.4 Acqua d'impasto .....	55
14.2 Fibre .....	57
14.2.1 Fibre per uso strutturale .....	57
14.3 Caratteristiche dei conglomerati cementizi .....	57
14.3.1 Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati .....	57
14.3.2 Lavorabilità .....	58
14.3.3 Misura della temperatura del calcestruzzo al getto .....	60
14.3.4 Grado di compattazione .....	60
14.3.5 Tempo di presa .....	60
14.4 Specificazione dei calcestruzzi proiettati .....	63
14.5 Acciaio per c.a.: zincatura a caldo per immersione .....	63



## 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 fibrorinforzati, 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 la infrastruttura stradale.

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 l'Ente, nell'adozione del sistema innovativo.

## 2) Conglomerati cementizi

### 2.1 Prescrizioni per la durabilità delle opere in calcestruzzo

Secondo il D.M. 17/01/2018, 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. 17/01/2018, 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 4.3 N 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. 17-01-2018, 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 CO2 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 CO2 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 17-01-2018 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 DM 17-01-2018 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. 17/01/2018 (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 (fck), con rapporto altezza/diametro pari a 2;
- Y è la resistenza caratteristica a compressione valutata su provini cubici di lato 150 mm (Rck).



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 posseda, 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.

Tabella2 Tipologie di conglomerati cementizi a prestazione garantita e relativi campi di impiego.

Tip o	Classi esposizio ne ambienta le	Classe resisten za minima  C (X/Y)	Rappor to a/c max	Contenut o minimo di cement o **  [kg/m <sup>3</sup> ]	Contenuto di aria in %  UNI EN 12350/7	Dm ax  ***  m m	Classe di consistenza min. UNI EN 12350/2  ***	Tipo di cemento  ****  (se necessario)	Classe contenuti o 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	CI 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	CI 0.4



I-C	XA2	C (32/40)	0.50	340	$\leq 2,5\%$	32	S4-S5	SR (Sulphate Resistant) e in caso di grandi spessori* anche LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1	CI 0.4
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
II									
II-A	XC4 XS1	C (32/40)	0.50	340	$\leq 2,5\%$	32	S4-S5		CI 0.4 (CI0,2 se in XS1)
II-B	XF4	C (28/35)	0.45	360	8 ± 1 % per D <sub>max</sub> ≤ 10mm 6 ± 1 % per D <sub>max</sub> = 10- 20mm 5 ± 1 % per D <sub>max</sub> ≥ 20mm	32	S4-S5		CI 0.2
III									
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 (CI0,2 se in XS1)





III-B	XF2	C (25/30)	0,50	340	8 ± 1 % per D <sub>max</sub> ≤ 10mm 6 ± 1 % per D <sub>max</sub> = 10- 20mm 5 ± 1 % per D <sub>max</sub> ≥ 20mm	32	S4-S5	In caso di grandi spessori* LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1	CI 0.2
IV									
IV-A	XC4	C (32/40)	0,50	340	≤ 2,5%	32	S4-S5		CI 0.4
IV-B	XF2	C(25/30)	0,50	340	8 ± 1 % per D <sub>max</sub> ≤ 10mm 6 ± 1 % per D <sub>max</sub> = 10- 20mm 5 ± 1 % per D <sub>max</sub> ≥ 20mm	32	S4-S5		CI 0.2
V									
V-A	X0	C (20/25)	0,65	260	---	32	S4		CI 0.4
V-B	XF2	C(25/30)	0,50	340	8 ± 1 % per D <sub>max</sub> ≤ 10mm 6 ± 1 % per D <sub>max</sub> = 10- 20mm 5 ± 1 % per D <sub>max</sub> ≥ 20mm	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<sub>ck</sub> 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:

$D_{max} < \text{copri ferro};$

$D_{max} < \text{interfero minimo} - 5 \text{ mm};$

$D_{max} < \frac{1}{4}$  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.

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.

Tabella3: 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 scatolari 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 (kg/m<sup>3</sup>) il cui contributo al calore di idratazione nei primi giorni di maturazione non possa considerarsi trascurabile;
- $q_3$  = calore di idratazione unitario del cemento (kJ/kg) a 3 giorni di maturazione (dato fornito dal produttore di cemento);
- $m$  = peso specifico del calcestruzzo (kg/m<sup>3</sup>);
- $\rho$  = calore specifico del calcestruzzo (mediamente pari a 1 kJ/kg °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 Rck 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. 14/01/2001, 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);

Tabella4 Impiego delle diverse classi di resistenza

Strutture di destinazione	Classe di resistenza minima
Per strutture non armate o a bassa percentuale di armatura	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 cassature. 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  $SO_3$ )  $\leq 1\%$ ;
- 2) per acceleranti a base di silicati di sodio:
  - rapporto in peso  $SiO_2 / Na_2O \geq 3,4$ ;
  - contenuto di cloruri  $< 0,1\%$ ;
  - $pH \leq 11,5$ ;
- 3) per conglomerati proiettati esposti ad attacco solfatico:
  - contenuto di alluminati (espressi come  $Al_2O_3$ )  $\leq 0,6\%$  in peso sul cemento per additivi contenenti alcali;
  - contenuto di alluminati (espressi come  $Al_2O_3$ )  $\leq 1,0\%$  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.

### 3.1 Caratteristiche tecniche

Le diverse tipologie di acciaio ordinario per c.a. ad aderenza migliorata impiegabili, secondo quanto previsto al § 11 del D.M. 17/01/2018, 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. 17/01/2018, che specifica le caratteristiche tecniche che devono essere verificate, i metodi di prova e le condizioni di prova.

Tabella5

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

<b><math>f_y \text{ nom}</math></b>	<b>450 N/mm<sup>2</sup></b>
<b><math>f_t \text{ nom}</math></b>	<b>540 N/mm<sup>2</sup></b>

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. 17/01/2018. 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 g/m<sup>2</sup> 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. 17/01/2018 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
<b>Tensione caratteristica di rottura <math>f_{ptk}</math> N/mm<sup>2</sup></b>	<b>≥1000</b>	<b>≥1570</b>	<b>≥1860</b>	<b>≥1820</b>	<b>≥1900</b>
<b>Tensione caratteristica allo 0,1 % di deformazione residua <math>f_{p(0,1)k}</math> N/mm<sup>2</sup></b>	-----	<b>≥1420</b>	-----	-----	-----
<b>Tensione caratteristica all'1 % di deformazione totale <math>f_{p(1)k}</math> N/mm<sup>2</sup></b>	-----	-----	<b>≥1670</b>	<b>≥1620</b>	<b>≥1700</b>
<b>Tensione caratteristiche di snervamento <math>f_{pyk}</math> N/mm<sup>2</sup></b>	<b>≥800</b>	-----	-----	-----	-----
<b>Allungamento sotto carico massimo <math>A_{gt}</math></b>	<b>≥3,5</b>	<b>≥3,5</b>	<b>≥3,5</b>	<b>≥3,5</b>	<b>≥3,5</b>

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



#### 4.1 Caratteristiche tecniche

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).

#### 5.1 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. 17/01/2018.

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.

Di seguito sono riportate le tabelle che sintetizzano i requisiti di prodotto richiesti per le varie materie prime utilizzate (cementi, aggiunte minerali, aggregati, acqua, additivi, agenti espansive, 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 dal 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.

#### 5.2 Prequalifica e qualifica

##### 5.2.1 Prequalifica e qualifica dei conglomerati cementizi

In accordo al D.M. 17/01/2018, per la produzione dei conglomerati cementizi si possono configurare due differenti possibilità:

- calcestruzzo prodotto senza processo industrializzato;





- calcestruzzo prodotto con processo industrializzato.

#### 5.2.2 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.

- 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. 17/01/2018) 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.

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<sub>ck</sub>), 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 N/mm<sup>2</sup> (in assenza di previsioni sullo scarto di produzione, si assumerà il valore più alto pari a 12 N/mm<sup>2</sup>).

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.

– Prove di prequalifica 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. 17/01/2018, 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.

### 5.2.3 Calcestruzzo prodotto con processo industrializzato

Tale situazione è contemplata dal D.M. 17/01/2018 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 confezionamento 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. 17/01/2018 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 confezionato, 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 confezionato. 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 confezionamento 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 preconfezionamento 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.

#### 5.2.4 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  $\geq 400 \mu\text{m}/\text{m}$ ; a 7 giorni  $\geq 200 \mu\text{m}/\text{m}$ ; a 28 giorni  $\geq 100 \mu\text{m}/\text{m}$ ; a 90 giorni  $\geq 0 \mu\text{m}/\text{m}$ .

- 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 (fr1k) e quella per lo stato limite ultimo (fr3k) secondo le norme sopra specificate.
- c) 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 trazione secondo UNI EN 12390/7, con rilievo del grafico sforzo-deformazione nella mezzera.

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)

- d) 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).

- e) 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 l'Ente 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.

#### 5.2.5 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.

##### – Acciaio per calcestruzzo armato

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. 17/01/2018 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. 17/01/2018.

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. 17/01/2018.

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.

– 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. 17/01/2018 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.

## **6.1 Controlli in corso d'opera 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. 17/01/2018, su miscele omogenee di conglomerato come definite al § 11.2.1 del citato Decreto.

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

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 m3 di



conglomerato e possibilmente a metà del carico), conducendo tutte le operazioni in conformità con le prescrizioni indicate nel D.M. 17/01/2018 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. 17/01/2018, 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 D<sub>max</sub>;
- 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.)
- Identificazione del cantiere e dell'Impresa appaltatrice
- Data e ora di confezionamento dei provini
- 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±2 °C, oppure in ambiente termostato posto alla temperatura di 20±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. 17/01/2018. 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.*

#### 6.1.2 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. 17/01/2018).*

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. 17/01/2018.

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.

#### 6.1.3 Controlli aggiuntivi sui calcestruzzi speciali

Oltre ai controlli generali uguali per tipo e frequenza a quelli previsti per i calcestruzzi ordinari, 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 sottoposti 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.

- 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).

## 6.2 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. 17/01/2018;
- per l'acciaio per c.a.p.: nel § 11.3.3.5 del D.M. 17/01/2018.

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. 17/01/2018, 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. 17/01/2018;
- per l'acciaio per c.a.p.: al § 11.3.3.5.3 del D.M. 17/01/2018.

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. 17/01/2018.

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 g/m<sup>2</sup> +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 g/m<sup>2</sup> -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 possiede 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.

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 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 possono essere eseguite per legge solo dai laboratori Ufficiali di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001.

### **7.1 Modalità di esecuzione**

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 oltre che alla Direzione Lavori all'Ente.

#### 7.1.1 Confezionamento e trasporto 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 .

#### 7.1.2 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.

#### 7.1.3 Posa in opera dei conglomerati cementizi

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.

#### 7.1.4 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	<b>Non necessita compattazione (salvo indicazioni specifiche della D.L.)</b>

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 stagiate;
- $\pm 5$  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 casserate 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.

- Posa in opera con clima freddo

Al momento della consegna dovrà essere verificato, conformemente a quanto indicato in precedenti paragrafi, 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.

– Posa in opera con clima caldo

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 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 in precedenza, per facilitare la posa e la finitura del conglomerato cementizio potranno essere eventualmente impiegati additivi ritardanti di presa e preventivamente autorizzati dalla Direzione Lavori.

Per i getti con 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.

#### 7.1.5 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.

- 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.

- 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.

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 la Direzione lavori.

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.

## **7.2 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 cassetatura 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. 2018.

#### 7.2.1 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.

#### 7.2.2 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..

#### 7.2.3 Stagionatura e disarmo

- 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.

#### 7.2.4 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. 17/01/2018).

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 in precedenza;
- 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.

#### 7.2.5 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 a maturazione accelerata a temperature diverse da 20°C, è obbligatorio procedere all'esecuzione dei controlli di accettazione del calcestruzzo, nel rispetto di quanto finora esposto

In aggiunta a tali controlli, sarà comunque obbligatorio eseguire prove complementari 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 dovranno rispettare, a 28 giorni, le prescrizioni contenute nella già citata Tabella 2.

#### 7.2.6 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.

#### 7.2.7 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, poliossipropilene, poliossicloropropilene 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.

### 7.3 Armature per calcestruzzo armato

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.

### 7.4 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.

#### 7.4.1 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.

#### 7.4.2 Testatura 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.

#### 7.4.3 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.

### **1.1.1.1 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.

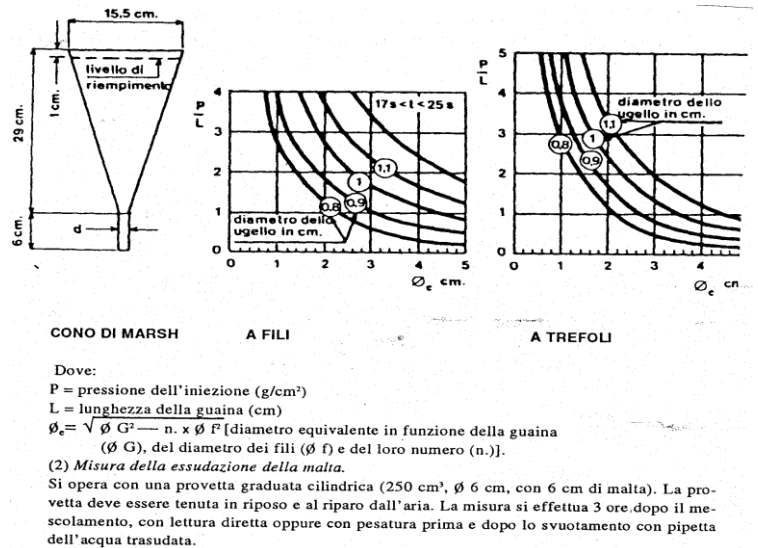


Figura 10.1: Dimensioni cono di Marsh e abachi per scelta ugello di prova.

#### 7.4.4 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.

##### - 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).

##### - 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±1 °C e umidità relativa del 65±5% in bicchiere di vetro della capacità di 100 cm<sup>3</sup> su quantità di 50 cm<sup>3</sup> 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.

#### 7.4.5 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 in precedenza 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.

#### 7.4.6 Modalità di iniezione

– 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 stucature 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.

#### – 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 (Vm) 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.

## 8.1 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 del 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 sabbatura o idrosabbatura. 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.

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, sabbatura o idrosabbatura.

## 8.2 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 giù riportate 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.

## 9.1 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.

## **9.2 Criteri di misura**

### **9.2.1 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 m<sup>3</sup> 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.

#### 9.2.2 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.

#### 9.2.3 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.

### 10.1 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/adequamento.

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 evidenziasse 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 m<sup>2</sup>, almeno una serie di 20 misure;
- per superfici globali da proteggere superiori a 2.000 m<sup>2</sup>, 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.

## **10.2 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



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.*

## 12.1 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.

Le presenti prescrizioni si intendono integrative delle Norme Tecniche di cui al D.M. 17 gennaio 2018, 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.

### **13.1 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. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare esplicativa al D.M. 17 gennaio 2018, 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"

### **13.2 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
- 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
- ASTM D 4414
- BS 1881
- CNR DT 204/2006 Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Strutture di Calcestruzzo Fibro-rinforzato



## 14.1 Caratteristiche dei materiali costituenti i conglomerati cementizi

### 14.1.1 Cemento

#### – **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.

### 14.1.2 Controlli sul cemento

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

In cantiere o presso l'impianto di confezionamento 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 confezionamento 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.

#### – **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.

#### 14.1.3 Aggiunte minerali

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 " $c + k \times \text{aggiunta}$ "

#### – **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	0.4
	52.5 N,R	
CEM II/A	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	
CEM III/A	32.5 N,R	0.2
	42.5 N,R	
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 cv/c non deve essere superiore a 0,33;
- in caso di utilizzo con CEM II/A, il rapporto in massa cv/c non deve essere superiore a 0,25;
- la quantità  $(c + k \times cv)$  non deve essere inferiore al dosaggio minimo di cemento richiesto per la specifica classe di esposizione;
- il rapporto  $a/(c + k \times cv)$  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 cv/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 cv/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  $(c + k \times cv)$  e del rapporto  $a/(c + k \times cv)$ .

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.

#### – **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 kg/m<sup>3</sup> per calcestruzzi in classi di esposizione per le quali il dosaggio minimo di cemento è  $\leq 300$  kg/m<sup>3</sup>;
- 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:  $fs/c \leq 0,11$

– **Loppa d'altoforno macinata**

La loppa d'altoforno macinata (ggbs), 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  $(c + k \times ggbs)$  e del rapporto  $a/(c + k \times ggbs)$  deve soddisfare il requisito:

- $ggbs/c \leq 1$

– **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.

– **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 kg/m<sup>3</sup>. 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 kg/m<sup>3</sup>.

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 kg/m<sup>3</sup>.

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. 17/01/2018, 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.

#### 14.1.4 Acqua d'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).

#### **– 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).

– **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;
- le resistenze 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  $\mu\text{m}/\text{m}$ ; 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).

## 14.2 Fibre

### 14.2.1 Fibre per uso strutturale

#### – **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.

## 14.3 Caratteristiche dei conglomerati cementizi

### 14.3.1 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 (D<sub>MAX</sub>) è funzione delle dimensioni dei copriferrì ed interferrì, 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:

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

#### 14.3.2 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 m<sup>3</sup> 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  $V_{ebè}$  (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.

#### – **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:

- ( $a_{aggr}$ ): 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 m3 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 m3 di impasto;
- KII: 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 KII 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)<sub>eq</sub> 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<sub>min</sub> 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 ± 0.02 da quello nominale. Nelle fasi qualifica e di accettazione in cantiere, il rapporto a/c non deve discostarsi di ± 0.03 da quello verificato in fase di prequalifica della miscela.

#### – **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 kg/m<sup>3</sup> e 2.600 kg/m<sup>3</sup>.

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.

– **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<sub>max</sub>) 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.

– **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.

13.3.3 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 rispettate i limiti specificati nei successivi paragrafi.

– **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.

14.3.4 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.

14.3.5 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.

– **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.



– **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.

– **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 mezzera, secondo la procedura UNI 111039 o UNI EN 14651, con relativo calcolo degli indici di duttilità.

– **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.

– **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).

– **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 compositivo, 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.





– **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  $\geq 0 \mu\text{m/m}$ .

– **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  $\leq 20 \text{ mm}$ .

– **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 ( $T_{\text{max}} \text{ cls}$ );
- misura della differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura ( $\delta T1_{\text{max}}$ );
- 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 ( $\delta T2_{\text{max}}$ );
- 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 ( $\delta T3_{\text{max}}$ ).

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:

- $T_{\text{max}} \leq 65^\circ\text{C}$
- $\delta T1_{\text{max}} < 50^\circ\text{C}$
- $\delta T2_{\text{max}} \leq 20^\circ\text{C}$
- $\delta T3_{\text{max}} \leq 20^\circ\text{C}$

Eventuali deroghe ai valori di  $\delta T2_{\text{max}}$  e  $\delta T3_{\text{max}}$ , 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  $T_{\text{max}}$  e dei vari gradienti deve essere effettuata con i seguenti controlli:

- in fase di prequalifica in laboratorio mediante una prova adiabatica o semiadiabatica 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 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.

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

#### 14.5 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.

*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.*