



RELAZIONE SUI MATERIALI

PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO

PROGETTAZIONE STRUTTURALE

MARZO 2016

Studio tecnico per l'edilizia
Ing. Roberto Calcagni

Pollenza (Mc) 62010

Via Campomaggio, 8

+39.0733.541799 +39.0733.541799

Località : **POPOLI (PE)**

Oggetto : **MIGLIORAMENTO SISMICO DEL
CORPO C2 DEL P.O. DI POPOLI**

Committente : **USL PESCARA -
U.O.C. SERVIZIO TECNICO PARTIMONIALE**

TAVOLA N.

R5

REV.	DATA
0	
1	
2	
3	
4	
-	

RAPP.

RELAZIONE SUI MATERIALI

CEMENTO ARMATO

Calcestruzzi

Riferimenti: D.M. 14.01.2008, par. 11.2;
UNI ENV 13670-1:2001;
Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
UNI EN 206-1/2006;
UNI 11104.

Tipologia strutturale:	Fondazioni
Classe di resistenza necessaria ai fini statici:	30 N/mm ² (300 daN/cm ²)
Condizioni ambientali:	Strutture completamente interrato in terreno permeabile.
Classe di esposizione:	XC2
Rapporto acqua/cemento max:	0.60
Classe di consistenza:	S3 (Plastica)
Diametro massimo aggregati:	20 mm

Tipologia strutturale:	Elevazione
Classe di resistenza necessaria ai fini statici:	30 N/mm ² (300 daN/cm ²)
Condizioni ambientali:	Strutture interne di edifici con umidità bassa.
Classe di esposizione:	XC1
Rapporto acqua/cemento max:	0.60
Classe di consistenza:	S4 (Fluida) con Additivo Superfluidificante
Diametro massimo aggregati:	20 mm

Dosatura dei materiali.

La dosatura dei materiali per ottenere C25/30 (30) è orientativamente la seguente (per m³ d'impasto).

sabbia	0.4 m ³
ghiaia	0.8 m ³
acqua	150 litri
cemento tipo 325	350 kg/m ³

Qualità dei componenti

La sabbia deve essere viva, con grani assortiti in grossezza da 0 a 3 mm, non proveniente da rocce in decomposizione, scricchiolante alla mano, pulita, priva di materie organiche, melmose, terrose e di salsedine.

La ghiaia deve contenere elementi assortiti, di dimensioni fino a 16 mm, resistenti e non gelivi, non friabili, scevri di sostanze estranee, terra e salsedine. Le ghiaie sporche vanno accuratamente lavate. Anche il pietrisco proveniente da rocce compatte, non gessose né gelive, dovrà essere privo di impurità od elementi in decomposizione.

In definitiva gli inerti dovranno essere lavati ed esenti da corpi terrosi ed organici. Non sarà consentito assolutamente il misto di fiume. L'acqua da utilizzare per gli impasti dovrà essere potabile, priva di sali (cloruri e solfuri).

Potranno essere impiegati additivi fluidificanti o superfluidificanti per contenere il rapporto acqua/cemento mantenendo la lavorabilità necessaria.

Prescrizione per inerti

Sabbia viva 0-7 mm, pulita, priva di materie organiche e terrose; sabbia fino a 30 mm (70mm per fondazioni), non geliva, lavata; pietrisco di roccia compatta.

Assortimento granulometrico in composizione compresa tra le curve granulometriche sperimentali:

- passante al vaglio di mm 16 = 100%
- passante al vaglio di mm 8 = 88-60%
- passante al vaglio di mm 4 = 78-36%
- passante al vaglio di mm 2 = 62-21%
- passante al vaglio di mm 1 = 49-12%
- passante al vaglio di mm 0.25 = 18-3%

Prescrizione per il disarmo

Indicativamente: pilastri 3-4 giorni; solette modeste 10-12 giorni; travi, archi 24-25 giorni, mensole 28 giorni.

Per ogni porzione di struttura, il disarmo non può essere eseguito se non previa autorizzazione della Direzione Lavori.

Provini da prelevarsi in cantiere

Un prelievo è costituito da 2 provini: n° 2 cubi di lato 15 cm;
un prelievo ogni 100 mc

$$\sigma_{c28} \geq 3 * \sigma_{c \text{ adm}};$$

$$R_{ck} 28 = R_m - 35 \text{ kg/cm}^2;$$

$$R_{min} > R_{ck} - 35 \text{ kg/cm}^2$$

Parametri caratteristici e tensioni limite per il metodo degli stati limite

Tabella riassuntiva per vari R_{ck}

R_{ck}	f_{ck}	f_{cd}	f_{ctm}	u.m.
250	207.5	117.6	10.5	[kg/cm ²]
300	249.0	141.1	11.9	[kg/cm ²]
350	290.5	164.6	13.3	[kg/cm ²]
400	332.0	188.1	14.5	[kg/cm ²]
450	373.5	211.6	15.7	[kg/cm ²]
500	415.0	235.2	16.8	[kg/cm ²]

R_{ck}	f_{ck}	f_{cd}	f_{ctm}	u.m.
25	20.75	11.75	1.05	[N/mm ²]
30	24.90	14.11	1.19	[N/mm ²]
35	29.05	16.46	1.32	[N/mm ²]
40	33.20	18.81	1.44	[N/mm ²]
45	37.35	21.16	1.56	[N/mm ²]
50	41.50	23.51	1.67	[N/mm ²]

legenda:

- f_{ck} (resistenza cilindrica a compressione);
 $f_{ck} = 0.83 R_{ck}$;
- f_{cd} (resistenza di calcolo a compressione);
 $f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c$
- f_{ctd} (resistenza di calcolo a trazione);
 $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$;
 $f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm}$;
 $f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3}$ per classi $\leq C50/60$
 $f_{ctm} = 2.12 * \ln[1 + f_{cm} / 10]$ per classi $> C50/60$

Valori indicativi di alcune caratteristiche meccaniche dei calcestruzzi impiegati:

Ritiro (valori stimati): 0.25 mm/m (dopo 5 anni, strutture non armate);
0.10 mm/m (strutture armate).

Rigonfiamento in acqua (valori stimati): 0.20 mm/m (dopo 5 anni in strutture armate).

Dilatazione termica: $10 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Viscosità $\phi = 1.70$.

DURABILITA' DEL CALCESTRUZZO

4.1.2.2.4.3 delle NTC 2008: *Condizioni ambientali*

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato

nella Tab. 4.1.III con riferimento alle classi di esposizione definite nelle Linee Guida per il calcestruzzo strutturale emesse dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Tabella 4.1.III – *Descrizione delle condizioni ambientali*

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Per le definizioni delle classi di esposizione si rimanda al Prospetto classi di esposizione e composizione **UNI EN 206-1 (uni 11104 marzo 2004)** riportato nelle pagine che seguono.

4.1.2.2.4.4 delle NTC 2008: *Sensibilità delle armature alla corrosione*

Le armature si distinguono in due gruppi:

- armature sensibili;
- armature poco sensibili.

Appartengono al primo gruppo gli acciai da precompresso. Appartengono al secondo gruppo gli acciai ordinari.

Per gli acciai zincati e per quelli inossidabili si può tener conto della loro minor sensibilità alla corrosione.

4.1.2.2.4.5 delle NTC 2008: *Scelta degli stati limite di fessurazione*

Nella Tab. 4.1.IV sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle esigenze sopra riportate.

Tabella 4.1.IV – *Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione*

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

w_1, w_2, w_3 sono definiti al § 4.1.2.2.4.1, il valore di calcolo w_d , è definito al § 4.1.2.2.4.6 delle NTC 2008.

C4.1.6.1.3 della Circolare 617/09: Copriferro e interferro

Con riferimento al §4.1.6.1.3 delle NTC, al fine della protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di **ricoprimento di calcestruzzo (copriferro)** deve rispettare quanto indicato in Tabella C4.1.IV, nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tabella 4.1.IV delle NTC. I valori sono espressi in mm e sono distinti in funzione dell'armatura, barre da c.a. o cavi aderenti da c.a.p. (fili, trecce e trefoli), e del tipo di elemento, a piastra (solette, pareti,...) o monodimensionale (travi, pilastri,...).

A tali valori di tabella vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a 10 mm o minore, secondo indicazioni di norme di comprovata validità.

I valori della Tabella C4.1.IV si riferiscono a costruzioni con vita nominale di 50 anni (Tipo 2 secondo la Tabella 2.4.I delle NTC). Per costruzioni con vita nominale di 100 anni (Tipo 3 secondo la citata Tabella 2.4.I) i valori della Tabella C4.1.IV vanno aumentati di 10 mm. Per classi di resistenza inferiori a C_{min} i valori della tabella sono da aumentare di 5 mm. Per produzioni di elementi sottoposte a controllo di qualità che preveda anche la verifica dei copriferri, i valori della tabella possono essere ridotti di 5 mm.

Per acciai inossidabili o in caso di adozione di altre misure protettive contro la corrosione e verso i vani interni chiusi di solai alleggeriti (alveolari, predalles, ecc.), i copriferri potranno essere ridotti in base a documentazioni di comprovata validità.

Tabella C4.1.IV Copriferri minimi in mm

C_{min}	C_o	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

C_{min} = classe di resistenza minima del calcestruzzo

C_o = classe di resistenza ordinaria del calcestruzzo

Il copriferro minimo per la fondazione in c.a. in oggetto, costituita da travi in c.a. in classe di esposizione XC2, costituita da cls classe C25/30, risulta essere uguale a 35 mm.

PROSPETTO CLASSI DI ESPOSIZIONE E COMPOSIZIONE UNI EN 206-1

(UNI 11104 MARZO 2004)

Denom. della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione	UNI 9858	A/C MAX	R'ck min.	Dos. Min. Cem. KG.
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco						

X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo e disgelo o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: in ambiente molto asciutto	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto ad cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasioni, gelo o attacco chimico	1	---	15	---
-----------	---	--	---	-----	----	-----

2 Corrosione indotta da carbonatazione

Nota – Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro e nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante, in questi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo ed il suo ambiente.

XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa o immerse in acqua	2a	0,60	30	300
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	2a	0,60	30	300
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia o in interni con umidità da moderata ad alta	5a	0,55	35	320
XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette ad alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani.	4a, 5b	0,50	40	340

3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare

XD1	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri	5a	0,55	35	320
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua industriali contenente cloruri (piscine)	4a, 5b	0,50	40	340
XD3	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.	5c	0,45	45	360

4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare

XS1	Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità	4a, 5b	0,50	40	340
XS2	Permanentemente sommerso	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immersa in acqua	5c	0,45	45	360
XS3	Zone esposte agli spruzzi oppure alla marea	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare	5c	0,45	45	360

5 Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti *(NB XF2 – XF3 – XF4 contenuto minimo aria 3%)

XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate o colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua	4a, 5b	0,50	40	320
XF2*	Moderata saturazione d'acqua in presenza di agente disgelante	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti	3, 4b	0,50	30	340
XF3*	Elevata saturazione d'acqua in assenza di agente disgelante	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo	2b, 4b	0,50	30	340
XF4*	Elevata saturazione d'acqua con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto od indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare	3, 4b	0,45	35	360

6 Attacco chimico **)

XA1	Ambiente chimicamente	Contenitori di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche	5a	0,55	35	320
------------	-----------------------	--	----	------	----	-----

	debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	per acqua reflue				
XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi	5b	0,50	40	340
XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acqua industriali fortemente aggressive. Contenitori di foraggi, mangimi e liquami provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi e gas di scarico industriali.	5c	0,45	45	360

*) il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione: *moderato* occasionalmente gelato in condizioni di saturazione; *elevato* alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione.

**) da parte di acque del terreno o acqua fluenti

SPECIFICHE DI ESECUZIONE DA ADOTTARE PER GLI IMPASTI DEL CLS, LA MESSA IN OPERA, LA MATURAZIONE DEI GETTI E IL DISARMO E DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Confezionamento

Il confezionamento del calcestruzzo, cioè l'impasto dei componenti opportunamente dosati, è un'operazione fondamentale per ottenere la resistenza richiesta. E' necessario anche considerare fattori quali l'immagazzinamento (il cemento deve essere conservato in sacchi o sili, deve essere accuratamente preservato dall'umidità, e impiegato senza stazionare troppo a lungo in cantiere), la dosatura, e la miscelazione dei componenti.

Getto

Lo scarico del calcestruzzo fornito già confezionato, viene effettuato mediante apposite canalette, se la casseratura è situata a quota più bassa dell'autobetoniera, oppure impiegando pompe montate su autocarro, nel caso di getti a quota superiore, o di casserature di particolare conformazione, oppure difficilmente accessibili.

Durante la fase di getto è necessario evitare la segregazione dei componenti: specialmente nel caso di impasti fluidi, infatti, gli aggregati più grossi tendono a portarsi verso il fondo mentre la parte più fine tende a risalire; è necessario che l'altezza di caduta sia minima e che si riduca la possibilità di urti contro le pareti della cassaforma e l'armatura metallica. In particolare, nel getto di pareti, l'impasto deve essere versato in strati successivi uniformemente disposti in lunghezza.

Per rendere più agevole il distacco del calcestruzzo dalla casseratura al momento del disarmo, le superfici interne delle casseforme devono essere trattate con disarmanti, in modo da ridurre al minimo l'aderenza tra i due materiali. Essi non devono produrre alterazioni del calcestruzzo, e devono essere applicati a spruzzo o con spazzole o rulli, in modo da formare una pellicola di spessore uniforme.

Costipamento

Il costipamento è un'operazione estremamente importante perché consente di riempire completamente la cassaforma, di inglobare l'armatura metallica e di dare la necessaria compattezza al getto. Esso influisce notevolmente anche sulla resistenza del calcestruzzo.

Il costipamento può essere manuale, adatto per impasti fluidi, ovvero meccanico, nel caso di impasti a consistenza umida con un basso rapporto acqua/cemento. I sistemi di vibrazione possono essere per vibrazione interna (generata da appositi apparecchi ad ago immersi direttamente nella massa del calcestruzzo), vibrazione esterna (trasmessa all'impasto attraverso la cassaforma grazie a particolari apparecchi fissati al suo esterno).

Le casserature devono essere realizzate in modo da non subire deformazioni per effetto della pressione esercitata dal calcestruzzo allo stato fluido o per altre cause.

Il costipamento deve essere effettuato in modo uniforme e per un periodo di tempo adeguato, senza tuttavia esagerare perché potrebbero iniziare fenomeni di separazione degli aggregati (segregazione). Esso si può considerare concluso quando sulla superficie del getto non affiorano più bollicine d'aria, ma si forma un velo di malta fine di aspetto lucido e uniforme.

Maturazione

Sono necessari particolari accorgimenti durante la fase di maturazione: in condizioni normali, la maturazione si compie in un periodo più o meno lungo, al termine del quale il calcestruzzo raggiunge le caratteristiche di resistenza previste. Per ottenere una presa e un indurimento regolari occorre però che il calcestruzzo si trovi a una temperatura non troppo elevata né troppo bassa (20°C) per tutto il periodo e, in particolar modo, nella fase iniziale. Un aumento della temperatura oltre le condizioni normali produce in genere un'accelerazione della presa e dell'indurimento dei getti, senza che ciò pregiudichi il raggiungimento della qualità prevista del calcestruzzo. Una temperatura troppo elevata (>30°C) può però determinare una eccessiva evaporazione superficiale che, sottraendo acqua alla massa dell'impasto, non permette di raggiungere la completa idratazione del cemento. In questa situazione, evidenziata dalla comparsa di una pulverulenza superficiale del calcestruzzo, si ottengono valori di resistenza inferiori a quelli previsti. Una temperatura troppo elevata può inoltre causare un rapido ritiro della massa del getto con la possibile formazione di screpolature superficiali del calcestruzzo. Per evitare questi inconvenienti, durante la stagione estiva o in ambienti troppo caldi, devono essere osservati particolari accorgimenti per ridurre l'evaporazione dell'acqua, quali:

- bagnare abbondantemente, prima del getto, i blocchi forati dei solai (in modo che il laterizio non sottragga acqua all'impasto), nonché le casseforme, se sono di legno;
- effettuare frequenti e abbondanti spruzzature, dopo il getto, in modo da mantenere, per quanto possibile, il contatto con l'acqua o con un ambiente a elevato contenuto di umidità. Le condizioni migliori per la maturazione sarebbero quelle in cui si ha il contatto diretto del calcestruzzo con l'acqua;
- coprire i getti con materiali (per esempio sabbia, o con la stessa carta dei sacchi di cemento), che restino imbevuti a lungo di acqua e la mantengono a contatto con il calcestruzzo;
- spruzzare i getti con prodotti atti a formare una pellicola protettiva, oppure coprirli con fogli di plastica, che impediscano l'evaporazione dell'acqua contenuta nelle opere in corso di maturazione;
- eseguire getti nelle ore meno calde della giornata, preferibilmente nelle ore serali.

Gli elementi di calcestruzzo armato maggiormente soggetti all'evaporazione dell'acqua d'impasto sono quelli caratterizzati da una grande estensione superficiale, come i solai; altri elementi, come i pilastri o le pareti, sono meno esposti, essendo a contatto con la cassaforma per la massima parte della loro superficie.

Anche la presenza del vento può determinare un'elevata evaporazione dell'acqua e favorire la formazione di crepe superficiali dovute a un rapido ritiro del calcestruzzo.

Al contrario, un abbassamento della temperatura al disotto delle condizioni normali determina un rallentamento della maturazione del calcestruzzo.

Scendendo a temperature inferiori a 0°C i getti possono subire deterioramenti molto pericolosi, specialmente se l'azione del gelo si manifesta nella fase iniziale di presa e d'indurimento del calcestruzzo. Il gelo produce infatti una disgregazione della massa del materiale, tanto più dannosa quanto minori sono gli spessori degli elementi strutturali interessati.

Se si devono assolutamente continuare i lavori anche in condizioni ambientali sfavorevoli, è quindi necessaria l'adozione dei seguenti accorgimenti adatti per temperature non inferiori a -3°C:

- impiegare cementi a rapido indurimento, caratterizzati da un calore di idratazione più elevato, e aumentare la loro dosatura;
- usare acqua riscaldata e aggregati conservati in ambienti riparati dai rigori dell'ambiente esterno;
- ricorrere ad additivi aeranti, che sviluppino una buona difesa rispetto al gelo, oppure ad additivi anti-gelo, che abbassino il punto di congelamento dell'acqua;
- eseguire i getti nelle ore più calde della giornata (meglio se soleggiate) e successivamente ricoprirli con materiali termoisolanti, che riducano la dispersione del calore di idratazione dalla massa del calcestruzzo.

Occorre tuttavia sottolineare che gli accorgimenti descritti non danno più affidamento quando la temperatura scende al disotto di -3°C: in queste condizioni è buona regola sospendere l'esecuzione dei getti di calcestruzzo.

Gli elementi più esposti al pericolo di deterioramenti causati dal gelo sono quelli che hanno uno spessore limitato e una grande superficie scoperta a contatto con l'aria.

Disarmo

Il disarmo consiste nella rimozione delle cassetture che hanno contenuto il getto di calcestruzzo durante tutta la fase di maturazione. La decisione di disarmare spetta al Direttore dei Lavori: l'operazione non deve comunque avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo. Inoltre, lo smontaggio della cassetture deve avvenire gradualmente in modo da evitare che gli elementi debbano sopportare sollecitazioni elevate.

In assenza di specifici accertamenti della resistenza del conglomerato, e in normali condizioni esecutive e ambientali di maturazione, è opportuno osservare i tempi minimi di disarmo, da misurare a partire dal giorno del getto, indicati:

- sponde dei casseri di travi e pilastri: 3 giorni
- cassetture di solette di luce modesta: 10 giorni

- puntelli e centine di travi, archi e volte: 24 giorni
- elementi strutturali a sbalzo: 28 giorni

E' però buona regola detrarre dal computo dei giorni tutti quelli in cui la temperatura non si è innalzata decisamente al disopra dello zero: in tali giorni si può infatti presumere che il processo di indurimento del calcestruzzo non sia progredito.

La possibilità di accelerare la maturazione del calcestruzzo consente di ridurre i tempi minimi di disarmo.

Si devono intendere parti integranti delle presenti indicazioni le norme specifiche UNI ENV 13670-1:2001 e le Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Acciaio per C.A.

(Rif. D.M. 14.01.2008, par. 11.3.2)

ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO B450C

L'acciaio per cemento armato B450C è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

Tabella 11.3.Ia e tensione di progetto

Tensione nominale di snervamento: $f_{y \text{ nom}}$	450 N/mm ²
Tensione nominale di rottura: $f_{t \text{ nom}}$	540 N/mm ²
Tensione di progetto: f_{yd}	$f_{yk} / \gamma_s = 450 / 1.15 = 391 \text{ N/mm}^2$

Tabella 11.3.Ib

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq f_{ynom}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	$\geq f_{tnom}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$ $< 1,35$	10.0
$(f_y/f_{ynom})_k$	$\leq 1,25$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$:	$\geq 7,5 \%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
$\phi < 12 \text{ mm}$	4 ϕ	
$12 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$	5 ϕ	
per $16 < \phi \leq 25 \text{ mm}$	8 ϕ	
per $25 < \phi \leq 40 \text{ mm}$	10 ϕ	

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche vale quanto indicato nella norma UNI EN ISO 15630-1:2004.

Diametro delle barre: $6 \leq \phi \leq 40$ mm.

E' ammesso l'uso di acciai forniti in rotoli per diametri ≤ 16 mm.

Reti e tralicci con elementi base di diametro $6 \leq \phi \leq 16$ mm.

Rapporto tra i diametri delle barre componenti reti e tralicci: $\phi_{\min}/\phi_{\max} \geq 0.6$

ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO B450A

L'acciaio per cemento armato B450A è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

Tabella 11.3.Ia e tensione di progetto

Tensione nominale di snervamento: f_y nom	450 N/mm ²
Tensione nominale di rottura: f_t nom	540 N/mm ²
Tensione di progetto: f_{yd}	$f_{yk} / \gamma_s = 450 / 1.15 = 391$ N/mm ²

Tabella 11.3.Ic

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq f_{ynom}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	$\geq f_{tnom}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,05$	10.0
$(f_y/f_{ynom})_k$	$\leq 1,25$	10.0
Allungamento (A_{gt}) _k :	$\geq 2,5$ %	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche: $\phi \leq 10$ mm	4 ϕ	

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche vale quanto indicato nella norma UNI EN ISO 15630-1:2004.

Diametro delle barre: $5 \leq \phi \leq 10$ mm.

E' ammesso l'uso di acciai forniti in rotoli per diametri ≤ 10 mm.

Reti e tralicci con elementi base di diametro $5 \leq \phi \leq 10$ mm.

Rapporto tra i diametri delle barre componenti reti e tralicci: $\phi_{\min}/\phi_{\max} \geq 0.6$

RINFORZI FRM PER ELEMENTI ESISTENTI IN C.A.

Rinforzo mediante placcaggio di fasce, con l'utilizzo di sistema composito certificato da idoneo laboratorio di cui all'art. 59 del dpr n. 380/2001, con comprovata esperienza e dotati di strumentazione adeguata per prove su sistemi frcm, in accordo con le linee guida cnr-dt 200 r1/2013 realizzato con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, formato da micro-trefoli di acciaio prodotti secondo norma iso 16120-1/4 2011 fissati su una microrete in fibra di vetro, del peso netto di fibra di circa 2000 g/mq;

CARATTERISTICHE TECNICHE MINIME CERTIFICATE:

Resistenza a trazione > 2800 mpa;

Modulo elastico > 190 gpa;

Deformazione ultima a rottura > 1,50%; area effettiva di un trefolo 3x2 (5 fili) = 0,538 mmq; n°

Trefoli per cm = 4,72 con avvolgimento dei fili ad elevato angolo di torsione conforme alla norma ISO 17832 2009;

Spessore equivalente del nastro = 0,254 mm, impregnato con una malta minerale certificata, eco-compatibile, tixotropica, a presa normale, a bassissimo contenuto di polimeri petrolchimici ed esente da fibre organiche, specifica per la passivazione, il ripristino, la rasatura e la protezione monolitica a durabilità garantita di strutture in calcestruzzo, provvista di marcatura CE e conforme ai requisiti prestazionali richiesti dalla norma en 1504-7 per la passivazione delle barre di armatura, dalla en 1504-3, classe r4 (stagionatura cc e pcc) per la ricostruzione volumetrica e la rasatura e dalla en 1504-2 per la protezione delle superfici; caratteristiche tecniche certificate: *Nessuna corrosione della barra metallica (en 15183),*

Resistenza a compressione a 28 gg > 55 mpa (en 12190),

Resistenza a flessione a 28 gg > 10 mpa (en 196/1),

Legame di aderenza a 28 gg > 2 mpa (en 1542),

Modulo elastico e a 28 gg = 25 gpa (en 13412),

Resistente alla carbonatazione (en 13295),

Ritiro lineare < 0,3% (en 12617-1),

Resistenza all'abrasione con perdita di peso del provino < 3000 mg (en iso 5470-1).