INTERVENTO DI RECUPERO E RIQUALIFICAZIONE DEL: "PARCO COLLE DELL'INFINITO" - ANNUALITA' 2017

1° LOTTO FUNZIONALE - Lavori all'interno del parco storico del 1937 - Recupero dell'Orto ex-Convento S.Stefano

2° LOTTO PRESTAZIONALE

Lavori di recupero strutturale ed architettonico del Parco Storico.

PROGETTO ESECUTIVO OPERE STRUTTURALI

RELAZIONE SUI MATERIALI

"PARCO COLLE DELL'INFINITO"

Progettisti opere architettoniche:
- Arch. Jessica Tarducci
- Ing. Stefano Romanelli
- Ing. Chiara Forconi
- Geom. Marco Magnaterra

Progettista opere strutturali:
- Ing. Marco Bravi

Firmato digitalmente da

Marco Bravi

CN = Bravi Marco
O = Ordine degli Ingegneri della Provincia di Macerata/93037510430
T = Ingegnere
SerialNumber = IT:BRVMRC76B06H211W
e-mail = marco.bravi@ingpec.eu
C = IT

TAV

M

PROPRIETA':
COMUNE DI RECANATI (MC)
R.U.P. Arch. Maurizio Paduano

DATA:
LUGLIO 2017

SCALA:

SERIE:
ARCH

SOMMARIO

- **CEMENTO ARMATO 2**

PARAMETRI CARATTERISTICI E TENSIONI LIMITE PER IL METODO DEGLI STATI LIMITE 2

QUALITÀ DEI COMPONENTI 3

Prescrizione per inerti 3

Prescrizione per il disarmo 4

Provini da prelevarsi in cantiere 4

DURABILITA' DEL CALCESTRUZZO 4

4.1.2.2.4.3 delle NTC 2008: Condizioni ambientali 4

4.1.2.2.4.4 delle NTC 2008: Sensibilità delle armature alla corrosione 5

4.1.2.2.4.5 delle NTC 2008: Scelta degli stati limite di fessurazione 5

C4.1.6.1.3 della Circolare 617/09: Copriferro e interferro 5

Prospetto classi di esposizione e composizione uni en 206-1 6

SPECIFICHE DI ESECUZIONE DA ADOTTARE.... 10

Confezionamento 10

Getto 10

Costipamento 11

Maturazione 11

Disarmo 12

- ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO 14
- ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA 15

Acciaio laminato profilati e piatti 15

Bulloni e tirafondi impiegati nei collegamenti 18

- MURATURA PORTANTE 19

Elementi resistenti in muratura (p.to 4.5.2.2) 19

Malte per muratura 20

Resistenza a compressione 21

Resistenza caratteristica a taglio in assenza di tensioni normali 22

Resistenza caratteristica a taglio 22

RESISTENZE DI PROGETTO 23

Proprietà dei materiali per la fase di analisi strutturale 24

RELAZIONE SUI MATERIALI

● *CEMENTO ARMATO*

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.

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]

Rck	fck	fcd	fctm	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): $fcd = a_{cc} * f_{ck}/g_c$

f_{ctd} (resistenza di calcolo a trazione):

$f_{ctd} = f_{ctk}/g_c$;

$f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm}$;

$f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3}$ per classi ≤ C50/60

$f_{ctm} = 2.12 * \ln[1+f_{cm}/10]$ per classi > C50/60

Valori indicativi di alcune caratteristiche meccaniche dei calcestruzzi:

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: $10x10^{-6}$ °C^{-1}.

Viscosità φ = 1.70.

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.

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	$\leq w_1$

w1, w2, w3 sono definiti al § 4.1.2.2.4.1, il valore di calcolo wd, 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 2008, 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 Cmin 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*

			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	
Cmin	Co	ambiente	C≥Co	Cmin≤C<Co	C≥Co	Cmin≤C<Co	C≥Co	Cmin≤C<Co	C≥Co	Cmin≤C<Co
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 aggressivo	35	40	40	45	45	50	50	50

Cmin = classe di resistenza minima del calcestruzzo

Co = classe di resistenza ordinaria del calcestruzzo

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	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasioni, gelo o attacco	1	---	15	---

	ambiente molto asciutto	chimico				

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	4a, 5b	0,50	40	340

		industriali contenente cloruri (piscine)				
XD3	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato 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	2b, 4b	0,50	30	340

		esposti al gelo				
XF4*	Elevata saturazione d'acqua con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto 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 debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contenitori di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche per acqua reflue	5a	0,55	35	320
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

Per il nostro caso, i getti dovranno essere eseguiti con il seguente tipo di calcestruzzo:

- FONDAZIONI/ELEMENTI INTERRATI IN TERRENI NON AGGRESSIVI-

CARTIGLIO MATERIALI ELABORATI GRAFICI

CALCESTRUZZO a prestazione garantita in accordo alla UNI EN 206-1

	UNI 11104-prosp.1	(UNI 11104-prosp. 4)						UNI EN 1992-1-1
Elemento strutturale	Classi esposizione ambientale	Classe resistenza (N/mm^2)	$(a/c)_{max}$	Contenuto minimo di cemento kg/m^3	D_{MAX} (mm)	Classe di consistenza al getto	Classe di contenuto cloruri	Copriferro nominale (mm)
Fondazioni e muri interrati in terreni non aggressivi	XC2	*C25/30* *(R_{ck} 30)*	0.60	300	32	S4	Cl 0.4	35 controcassero 50 contro terreno preparato 80 contro terreno non preparato

Tolleranza copriferro = 10mm

ACCIAIO B450C ad aderenza migliorata conforme al D.M. 14/01/2008

Per il copriferro delle fondazioni si è scelto di adottare il valore costante di 35 mm.

SPECIFICHE DI ESECUZIONE DA ADOTTARE PER GLI IMPASTI DEL CLS, LA MESSA IN OPERA, LA MATURAZIONE DEI GETTI E IL DISARMO 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 le armature 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 casserature 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 casseratura 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

- casserature di solette di luce modesta: 10 giorni
- puntelli e centine di travi, archi e volte: 24 giorni
- elementi strutturali a sbalzo: 28 giorni

È 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 CEMENTO ARMATO*

(Riferimento §11.3.2 D.M. 14.01.2008)

L'acciaio per cemento armato utilizzato nella realizzazione della nuova scala è il **B450C** definito dalle seguenti caratteristiche:

Tabella 11.3.Ia

Tensione nominale di snervamento: f_{ynom}	450 N/mm^2
Tensione nominale di rottura: f_{tnom}	540 N/mm^2
Tensione di progetto: f_{yd}	f_{yk} / γ_S = 450 / 1.15 = 391 N/mm^2

Tabella 11.3.Ib

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

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

Diametro delle barre: 6 ≤ ϕ ≤ 40 mm.

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

Reti e tralicci con elementi base di diametro 6 ≤ ϕ ≤ 16 mm.

Rapporto tra i diametri delle barre componenti reti e tralicci: ϕmin/ϕmax ≥ 0.6

Le barre sono tutte ad aderenza migliorata.

● *ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA*

(Riferimento §4.2, §11.3.4; §11.3.4.6.1 DM 14/01/2008)

La struttura è costituita interamente in profilati laminati in acciaio S275J0 ed in piastre saldate in acciaio S275J0.

Il collegamento degli elementi strutturali avviene mediante bullonature e saldature. Il collegamento dei pilastri ai plinti di fondazione si realizza con l'impiego di tirafondi uncinati annegati nel calcestruzzo.

Di seguito si riportano le caratteristiche di questi acciai impiegate nel progetto e nelle verifiche.

Acciaio laminato profilati e piatti

Gli acciai di uso generale a caldo devono appartenere ai gradi da S235 a S460 conformemente ai requisiti di cui al § 11.3.4.

I valori di snervamento Fyk e di rottura Ftk sono desumibili dalle presenti tabelle

Tabella 11.3.IX . Laminati a caldo con profili a sezione aperta

NORME E QUALITA' ACCIAI	Spessore nominale dell'elemento			
	t</40 mm		40 mm<t</80 mm	
	Fyk (N/mm2)	Ftk /N/mm2)	Fyk (N/mm2)	Ftk /N/mm2)
UNI EN 10025-2				
S235	235	360	215	360
S275	275	430	255	410
S355	355	510	335	470
S450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
UNI EN 10025-4				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

Tabella 11.3.IX . Laminati a caldo con profili a sezione cava

NORME E QUALITA' ACCIAI	Spessore nominale dell'elemento			
	t</40 mm		40 mm<t</80 mm	
	Fyk (N/mm2)	Ftk /N/mm2)	Fyk (N/mm2)	Ftk /N/mm2)
UNI EN 10210-I				
S235 H	235	360	215	340
S275 H	275	430	255	410
S355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NHL	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550
UNI EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NHL	275	370		
S 355 NH/NHL	355	470		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S 460 MH/MLH	460	530		

Definizione di acciai laminati (Rif. P.to 11.3.4.2)

Gli acciai laminati di uso generale per la realizzazione di strutture metalliche e per le strutture composte comprendono:

- prodotti lunghi (laminati mercantili, angolari, L, T, piatti ed altri prodotti di forma); travi ad ali parallele del tipo HE ed IPE, Travi IPN; laminati ad U;
- prodotti piani (lamiere e piatti, nastri)
- profilati cavi (tubi prodotti a caldo)

- prodotti derivati (travi saldate, profilati a freddo, tubi saldati, lamiere grecate)

Nel caso in oggetto l'acciaio usato risulta essere del tipo S275J0.

Riepilogo proprietà dell'acciaio per la fase di analisi strutturale dei pilastri, dei puntoni e delle strutture a ponte:

Modulo Elastico: E = 2.100.000 kg/cm^2 (210.000 N/mm^2)

Coefficiente di Poisson: v = 0.3

Modulo di elasticità trasversale: G = E / [2*(1+v)] (N/mm^2)

Coefficiente di espansione termica lineare: $\alpha = 12*10^{-6}$ per °C^{-1} (per T < 100°C)

Densità: $\rho = 7850$ kg/m^3

	S235	S275	S355	S450
tensione di rottura	360 N/mm^2	430 N/mm^2	510 N/mm^2	550 N/mm^2
tensione di snervamento	235 N/mm^2	275 N/mm^2	355 N/mm^2	440 N/mm^2

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva delle caratteristiche dell'acciaio secondo la normativa europea vigente e cogente anche in Italia (EN1090):

Categoria servizio (prospetto B1 EN1090-2):

- ☒ SC1: Strutture e componenti progettate solo per azioni quasi statiche (Esempio: Edifici); Strutture e componenti con connessioni progettate per azioni sismiche nelle regioni con bassa attività sismica e in DCL; Strutture e componenti progettate per le azioni a fatica degli apparecchi di sollevamento (classe S0)
- ☐ SC2: Strutture e componenti progettate per le azioni di fatica secondo la EN 1993. (Esempi: Ponti stradali e ferroviari, gru (classe da S1 a S9), strutture suscettibili alle vibrazioni indotte dal vento, dalla folla o dalla rotazione delle macchine); Strutture e componenti con connessioni progettate per azioni sismiche nelle regioni con media o alta attività sisimica ed in DCM e DCH.

Categoria produzione (prospetto B2 EN1090-2):

- ☒ PC1: Componenti non saldati realizzati da prodotti di qualsiasi classe di acciaio; Componenti saldati realizzati da prodotti di acciaio di classe minore S355
- ☐ PC2: Componenti saldati realizzati da prodotti di acciaio di classe S355 e maggiore; Componenti essenziali per 'integrità strutturale che vengono assemblati mediante saldatura in cantiere; componenti prodotti mediante formatura a caldo o che ricevono un trattamento termico durante la fabbricazione; Componenti di tralicci CHS che richiedono taglio finale del prodotto.

Classe di importanza (EN1991-1-7):

- ☐ CC1: Basse conseguenze per perdita di vite umane e conseguenze economiche, sociali e ambientali minime o trascurabili (Es. edifici agricoli dove le persone normalmente non entrano, magazzini, ...)
- ☒ CC2: Medie conseguenze per perdita di vite umane e conseguenze economiche, sociali e ambientali considerevoli (es. edifici civili, commerciali e industriali, edifici pubblici dove le conseguenze di crollo sono medio-gravi)
- ☐ CC3: Alte conseguenze per perdita di vite umane e conseguenze economiche, sociali e ambientali molto gravi (es. tribune o edifici pubblici dove le conseguenze di un crollo sono molto gravi: ospedali, cinema, teatri, scuole ...)

Categoria corrosione:	☐ C1 MOLTO BASSA (zone asciutte e calde con bassissimo tasso di inquinamento) ☒ C2 BASSA (zone temperate, basso inquinamento(SO2<12 microgr/m2) - aree rurali e piccole città ☐ C3 MEDIA (zone temperate, medio inquinamento(SO2<12-40 microgr/m2) o con bassi livelli di cloruri (aree urbane o marine non costali) ☐ C4 ALTA (zone temperate, inquinate(SO2>40 microgr/m2) o aree costali) ☐ C5 MOLTO ALTA (zone temperate, elevato inquinamento (SO2>80 microgr/m2) o soggette a spruzzi frequenti di cloruri (aree industriali, porti, strutture off.shore ...)	Grado Preparazione:	Durata protezione	Categoria corrosività	Grado di preparazione
			>15 anni	C1 da C2 a C3 >C3	P1 P2 P3
			da 5 a 15 anni	da C1 a C3 >C3	P1 P2
			< 5 anni	da C1 a C4 C5	P1 P2
Durata prevista della protezione dalla corrosione:	☒ >15 anni ☐ da 5 a 15 anni ☐ <15 anni	Grado Preparazione risultante: P2			
		Trattamento superficiale:	☒ Zincatura (EN1461) ☐ Verniciatura (EN12944)		

Classe di esecuzione:
☐ EXC1
☒ EXC2
☐ EXC3
☐ EXC4

Classe Import.		CC1		CC2		CC3	
Categ. servizio		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Categ. Prod.	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3*	EXC3*
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3*	EXC4

* EXC4 va applicata a strutture speciali o strutture con conseguenze estreme di cedimento strutturale.

Tolleranze essenziali: EN1090-2

Tolleranze funzionali:
☒ Classe 1
☐ Classe 2
☐ Non richiesto

Bulloni e tirafondi impiegati nei collegamenti

Per tutti i collegamenti bullonati alle estremità delle travi in legno e per tutti i tirafondi, sono stati utilizzati **elementi di classe 8.8**, i cui parametri caratteristici sono riportati nella tabella seguente:

Tabella 11.3.XII.b (§11.3.4.6.1 NTC2008)

Classe	**8.8**
Fyb (N/mm^2)	649
Ftb /N/mm^2)	800

● MURATURA PORTANTE

Riferimenti: D.M. 14.01.2008, par. 11.10;

UNI EN 771 ;

Tab. 11.10.I

Gli elementi per muratura portante dovranno recare la marchiatura CE , secondo quanto indicato in Tabella 11.10.I

Gli elementi appartengono alla categoria II (tab. 11.10.I) ricordando che gli elementi di categoria I hanno controllo statistico che fornisce resistenza caratteristica dichiarata a compressione riferita al frattile 5% . Gli elementi di categoria II non soddisfano i requisiti della categoria I .

Nel caso in esame gli elementi di muratura appartengono alla cat. II

Elementi resistenti in muratura (p.to 4.5.2.2)

Si applicano le prescrizioni di cui al § 11.10.2

Gli elementi artificiali possono essere dotati di fori in direzione normale al piano diposa oppure parallele secondo le inidcazioni del p.to 4.5.2.2

Gli elementi in laterizio vengono classificati secondo la tab. 4.5 Ia-b per elementi in laterizio e calcestruzzo .

Tabella 4.4.Ia Classificazione elementi in laterizio

Elementi	Percentuale di foratura	Area f della sezione normale del foro
Pieni	Φ </ 15%	F</ 9 cm2
Semipieni	15%</ϕ</45%	F</12 cm2
Forati	45%</ϕ</55%	F</15 cm2

Tabella 4.4.Ib – Classificazione elementi in calcestruzzo

Elementi	Percentuale di foratura	Area f della sezione normale del foro	
Pieni	Φ </ 15%	A</900 cm2	A>900 cm2
		F</ 0,10 A	F</0,15
Semipieni	15%</ϕ</45%	F</ 0,10 A	F</0,15
Forati	45%</ϕ</55%	F</ 0,10 A	F</0,15

Prove di accettazione rif. D.M. 14.01.2008 P.to 11.10.1.1 . Resistenza a compressione rif. P.to 11.10.1.1.1

Malte per muratura

Le malte devono garantire durabilità e quindi non devono contenere sostanze organiche o grassi o terrose od argillose . Le calci aeree devono possedere le caratteristiche tecniche ed i requisiti previsti dalla norma vigente .

Le prestazioni meccaniche delle malte sono quelle indicate nella Tabella 11.10.III

Tabella 11.10.III

Classe	M 2,5	M 5	M 10	M 15	M 20	Md
Resistenza a compressione N/mm2	2,5	5	10	15	20	d
D è una resistenza a compressione maggiore di 25 N/mm2 dichiarara dal produttore						

Malte a composizione prescritta

Classe	Tipo di malta	Composizione				
		Cemento	Calce aerea	Calce idraulica	Sabbia	pozzolana
M 2,5	Idraulica	--	--	1	3	--
M 2,5	Pozzolanica	--	1	--	--	3
M 2,5	Bastarda	1	--	2	9	--
M 5	Bastarda	1	--	1	5	--
M8	Cementizia	2	--	1	8	--
M 12	Cementizia	1	--	--	3	--

Nel caso in esame la malta è indicata nella classe M 2,5

Resistenza a compressione

Si fa riferimento al p.to 11.10.3.1 DM 14/01/2008

In sede di progetto per la determinazione dei valori di Fk si fa riferimento alla tabella 11.10.V

Tabella 11.10.V – Valori di Fk per murature in elementi artificiali pieni e semipieni (N/mm2)

Resistenza a compressione Fbk dell'elemento N/mm2	TIPO DI MALTA			
	M15	M10	M5	M 2,5
2,0	1,2	1,2	1,2	1,2
3,0	2,2	2,2	2,2	2,0
5,0	3,5	3,4	3,3	3,0
7,5	5,0	4,5	4,1	3,5
10,0	6,2	5,3	4,7	4,1
15,0	8,2	6,7	6,0	5,1
20,0	9,7	8,0	7,0	6,1
30,0	12,0	10,0	8,6	7,2
40,0	14,3	12,0	10,4	--

Per murature in elementi naturali si assume una resistenza Fbk = 0,75 Fbm con Fbm resistenza media a compressione degli elementi in pietra squadrata .

Il valore della resistenza Fk può essere dedotto dalla Fbk e dalla classe di appartenenza della malta tramite la seguente tabella (Tabella 11.10.VI)

Tabella 11.10.VI – Valori di Fk per murature in elementi naturali di pietra squadrata (N/mm2)

Resistenza a compressione Fbk dell'elemento N/mm2	TIPO DI MALTA			
	M15	M10	M5	M 2,5
2,0	1,0	1,0	1,0	1,0
3,0	2,2	2,2	2,2	2,0
5,0	3,5	3,4	3,3	3,0
7,5	5,0	4,5	4,1	3,5
10,0	6,2	5,3	4,7	4,1
15,0	8,2	6,7	6,0	5,1
20,0	9,7	8,0	7,0	6,1
30,0	12,0	10,0	8,6	7,2
>/40,0	14,3	12,0	10,4	--

Nel caso in esame la resistenza a compressione si può assumere (Tab. 11.10.V) pari a 5,1 N/mm2

(corrispondente a resistenza Fbk 15,0 N/mm2 e Malta M 2,5)

Resistenza caratteristica a taglio in assenza di tensioni normali

Si fa riferimento al p.to 11.10.3.2 DM 14/01/2008

La resistenza caratteristica sperimentale a taglio si determina su n campioni (n>/6) con confezioni secondo norme UNI EN 1052-3;2007 e , per quanto applicabile , UNI EN 1052-4;2001 .

La resistenza caratteritisca Fvko sarà dedotta dalla resistenza nedia Fvm con la relazione Fvko= 0,7 Fvm

Stima della resistenza a taglio

In sede di progetto , per le murature con elementi pieni o sempieni si può fare riferimento per il valore Fvko alla tabella 11.10.VII (valida per murature con giunti compresi tra 5 e 15 mm (per valori non contemplati in tabella è ammessa l'interpolazione lineare ; in nessun caso sono ammesse estrapolazioni .

Tabella 11.10.VII – resistenza a taglio in assenza di tensioni normali Fvko (valori in N/mm2)

Tipo di elemento resistente	Resistenza caratteristica a compressione Fbk dell'elemento	Classe di Malta	Fvko
Laterizio pieno o sempieno	Fbk > 15	M10</M</M20	0,30
	7,5<Fbk</15	M5</M</M10	0,20
	Fbk</7,5	M 2,5</M</M5	0,10
Calcestruzzo : Silicato di calcio ; cemento Autoclavato ; Pietrav naturale squadrata	Fbk > 15	M10</M</M20	0,20
	7,5<Fbk</15	M5</M</M10	0,15
	Fbk</7,5	M 2,5</M</M5	0,10

Resistenza caratteristica a taglio

In presenza di tensioni di compressione la resistenza caratteristica ataglio Fvk è definita come resistenza dell'effetto combinato delle forze orizzontali e dei carichi verticali agenti nel piano del muro e può essere ricavata tramite la relazione

Fvk = Fvko + o,4 σ n

Con

Fvko resistenza a taglio in assenza di carichi vericali

σ n tensione media normale media dovuta ai carichi verticali agenti nella sezione di verifica

Per elementi reisstenti artificiali semipieni o forati deve essere soddisfatta la relazione

Fvk </Fvk,lim = 1,4 F.bk segnato

Con :

Fvk,lim = valore massimo della resistenza caratteristica a taglio che può essere impiegata nel calcolo

F.bk segnato valore caratteristico della resistenza degli elementi in direzione orizzontale e nel piano del muro , da ricavare secondo le modalità descritte nella norma della serie UNI EN 771

RESISTENZE DI PROGETTO

Le resistenze di progetto da impiegare ai sensi del p.to 4.5.6.1 del DM 2008 per le verifiche a compressione , pressoflessione e a carichi concentrati (Fd) e a taglio (Fvd) valgono :

Fd = Fk/(γ M)

Fvd = Fvk (γ M)

Con

Fk resistenza a compressione della muratura

Fvk resistenza caratteristica a taglio della muratura in presenza delle effettive tensioni di compressione valutata con Fvk = Fvko + 0,4 σ n

Il coefficiente γ M è il coefficiente parziale di sicurezza sulla resistenza a compressione della muratura comprensivo delle incertezze di modello e di geometria fornito dalla Tabella 4.5.II in funzione delle classi di esecuzione (1 o 2)

Tabella 4.5.II . valori del coefficiente γ M in funzione della classe di esecuzione e della categoria degli elementi resistenti

Materiale	Classe di esecuzione	
	1	2
Muratura con elementi resistenti di categoria I , malta a prestazione garantita	2,0	2,5
Muratura con elementi resistenti di categoria I , malta con composizione prescritta	2,2	2,7
Muratura con elementi resistenti di categoria II , ogni tipo di malta	2,5	3,0

In cui le classi di esecuzione sono inidcate al p.to 4.5.6.1 del DM 2008 .

Proprietà dei materiali per la fase di analisi strutturale

Tipo di muratura:	MATTONI PIENI E MALTA DI CALCE
Livello di conoscenza:	LC1
Fattore di Confidenza FC:	1.35
Qualità:	CONNESSIONI TRASVERSALI
Coefficiente correttivo:	1.30
Coefficiente di sicurezza:	2.0

γ	peso specifico:	18	kN/mc
f_m	resistenza media a compressione	240	N/cmq
τ_0	resistenza media a taglio	6.0	N/cmq
E	modulo di elasticità normale:	1200	Nmmq
G	modulo di elasticità tangenziale:	400	N/mmq