

COMUNE DI INVERUNO

NUOVO PLESSO SCOLASTICO – VIA IV NOVEMBRE
PROGETTO DEFINITIVO
UFFICIO TECNICO COMUNE DI INVERUNO
R.U.P.: Geom. Pietro Tiberti
Progettista: Arch. Claudia Soldati



CONSULENTE SCIENTIFICO:

Politecnico di Milano – Dipartimento ABC

Titolo progetto di ricerca:

Individuazione di un nuovo modello di scuola innovativa ad alta efficienza tecnologica-energetica con l'applicazione della metodologia BIM

RESPONSABILE SCIENTIFICO:

prof. Tomaso Monestiroli

GRUPPO DI LAVORO:

Prof. Maurizio Acito

Prof. Giuseppe Martino Di Giuda

Prof. Paolo Oliaro

Prof. Franco Guzzetti

Arch. Francesco Menegatti

Arch. Luca Cardani

Arch. Alberto Cariboni

Ing. Vito Lavermicocca

Ing. Mariagrazia Calia

Ing. Agata Consoli

BIMGroup: Ing. Marco Schievano, Ing. Francesco Paleari, Ing. Elena Seghezzi

CONSULENTE SCIENTIFICO:

Università degli studi di Milano Bicocca

Dipartimento di Scienze Umane per la Formazione "Riccardo Massa"

RESPONSABILE SCIENTIFICO:

Prof.ssa Elisabetta Nigris

GRUPPO DI LAVORO:

Prof.ssa Barbara Balconi

Prof.ssa Luisa Zecca

Prof.ssa Ambra Cardani

Oggetto:
RELAZIONE SUI MATERIALI

Tavola n°:
S-RM

		S-RM-RELAZIONE SUI MATERIALI
		Rev. 1
		Pag. 1 di 17

Sommario

1	PREMESSA	2
2	NORMATIVA TECNICA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	2
3	UNITÀ DI MISURA	3
4	MateriAli	3
4.1	<i>Calcestruzzo</i>	3
4.1.1	<i>Proprietà principali dei componenti</i>	3
4.1.2	<i>Classe di resistenza, di esposizione e di consistenza dei calcestruzzi</i>	5
4.2	<i>Acciaio.....</i>	6
5	PROPRIETÀ MECCANICHE DI PROGETTO	6
5.1	<i>Proprietà meccaniche dei Calcestruzzo strutturale</i>	6
5.2	<i>Proprietà meccaniche degli acciai</i>	7
6	DISPOSIZIONI COSTRUTTIVE GENERALI.....	8
6.1	<i>Condizioni ambientali</i>	8
6.2	<i>Copriferro ed interferro</i>	8
7	ORGANISMO STRUTTURALE PRIMARIO soluzione di progetto definitivo.....	9
7.1	<i>Premesse</i>	9
7.2	<i>DESCRIZIONE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI (SOLUZIONE DI PROGETTO DEFINITIVO).....</i>	12
7.2.1	<i>Fondazioni</i>	12
7.2.2	<i>Pareti e muri.....</i>	12
7.2.3	<i>Pilastri.....</i>	13
7.2.4	<i>Travi.....</i>	13
7.2.5	<i>Caratteristiche elementi di piano</i>	13

		S-RM-RELAZIONE SUI MATERIALI
		Rev. 1
		Pag. 2 di 17

1 PREMESSA

La presente Relazione Tecnica sui materiali strutturali accompagna il progetto DEFINITIVO delle strutture del nuovo plesso scolastico di Inveruno.

In particolare, nel prosieguo si richiamano le caratteristiche dei materiali impiegati nelle opere strutturali relative alle parti in calcestruzzo armato e alle parti in acciaio. Inoltre, sono anche indicate le principali disposizioni costruttive presenti negli elaborati strutturali.

2 NORMATIVA TECNICA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Per il progetto sono state considerate le seguenti normative tecniche:

- Legge 5/11/1971 n°1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio normale e precompresso ed a struttura metallica".
- D.M. 14/01/2008 Norme tecniche per le costruzioni (NTC08).
- Circ. M. 2 febbraio 2009, n. 617 "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008 (NTC08).
- D.M.I.T del 17/01/2018 (NTC18): Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni". Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale,, n. 42 del 20 febbraio 2018 - Serie generale.
- CIRCOLARE MIT del 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale,, n. 35 del 11 febbraio 2019 - Serie generale.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale, «Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive.
- UNI EN 206-1:2001, «Calcestruzzo, prestazione produzione e conformità».
- Istruzioni CNR 10025/98, «Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in calcestruzzo».
- Istruzioni CNR-UNI 10011/88, «Costruzioni di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione».

Ad integrazione delle sopracitate norme e per quanto con esse non in contrasto, si è fatto riferimento alle disposizioni presenti negli EUROCODICI, con particolare riferimento a:

- UNI EN 1991-1, «Eurocodice 1. Basi di calcolo ed azioni sulle strutture. Parte 1: Basi di calcolo».
- UNI EN 1992-1-1, «Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici».
- UNI EN 1992-1-3, «Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1-3: Regole generali. Elementi e strutture prefabbricate di calcestruzzo».
- UNI EN 1993-1-1, «Eurocodice 3. Progettazione delle strutture di acciaio. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici».
- UNI EN 1993-1-8, «Eurocodice 3. Progettazione delle strutture di acciaio. Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti».
- UNI EN 1997-1, «Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali».
- UNI EN 1998-1-1, «Eurocodice 8. Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 1-1: Regole generali - Azioni sismiche e requisiti generali per le strutture».
- UNI EN 1998-1-2, «Eurocodice 8. Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 1-2:

		S-RM-RELAZIONE SUI MATERIALI
		Rev. 1
		Pag. 3 di 17

Regole generali per gli edifici».

- UNI EN 1998-5, «Eurocodice 8. Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici».
- Linee Guida del calcestruzzo strutturale 1997 – Presidenza del Consiglio Superiore LL.PP. – Roma.
- Istruzioni CTE 001/89 - Durabilità delle strutture in cemento armato - CTE – Milano, 1990.
- UNI 8981 - Durabilità delle opere e manufatti in calcestruzzo.

3 UNITÀ DI MISURA

Le unità di misura sono quelle del SI.

4 MATERIALI

4.1 Calcestruzzo

4.1.1 Proprietà principali dei componenti

Leganti

Nelle opere soggette alle NTC2018 devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti da disposizioni vigenti in materia. I prodotti devono essere dotati di certificato di conformità (rilasciato da un organismo europeo notificato) ad una norma armonizzata della serie UNI EN 197 nonché, per quanto non in contrasto, conformi alle prescrizioni di cui alla Legge 26/05/1965 n. 595. È escluso l'impiego di cementi alluminosi.

Aggregati

Gli aggregati, naturali o di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di gesso, ecc., in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato od alla conservazione delle armature. Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 12620 e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata UNI EN 13055-1.

La ghiaia o il pietrisco devono avere dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro delle armature.

Acqua

L'acqua per gli impasti deve essere limpida, priva di sali (particolarmente solfati e cloruri) in percentuali dannose e non essere aggressiva. Essa dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008: 2003.

Additivi

Gli additivi devono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 934-2.

Impasti

La distribuzione granulometrica degli inerti, il tipo di cemento e la consistenza dell'impasto, devono essere adeguati alla particolare destinazione del getto, ed al procedimento di posa in opera del conglomerato.

Il quantitativo d'acqua deve essere il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato tenendo conto anche dell'acqua contenuta negli inerti.

Partendo dagli elementi già fissati il rapporto acqua-cemento, e pertanto il dosaggio del cemento, dovrà essere scelto

		S-RM-RELAZIONE SUI MATERIALI
		Rev. 1
		Pag. 4 di 17

in relazione alla resistenza richiesta per il conglomerato.

L'impiego degli additivi dovrà essere subordinato all'accertamento dell'assenza di ogni pericolo di aggressività.

L'impasto deve essere fatto con mezzi idonei ed il dosaggio dei componenti eseguito con modalità atte a garantire la costanza del proporzionamento previsto in sede di progetto.

Lavorabilità

La lavorabilità, designata con il termine "consistenza" nella normativa vigente, è un indice delle proprietà e del comportamento del calcestruzzo nell'intervallo di tempo tra la produzione e la compattazione dell'impasto in situ nella cassaforma, o tra la produzione e la finitura, se richiesta.

Poiché le caratteristiche desiderate di durabilità e di resistenza meccanica possono essere effettivamente raggiunte soltanto se la movimentazione, la posa in opera e la stagionatura avvengono correttamente, la lavorabilità è imposta dal tipo di costruzione e dai metodi di posa in opera adottati, in particolare dal metodo di compattazione la cui efficacia va comunque garantita.

Nello studio della composizione del calcestruzzo occorre conciliare le caratteristiche dell'impasto fresco con i requisiti di resistenza meccanica e di durabilità dell'impasto indurito.

Le proprietà del calcestruzzo fresco collegate con la lavorabilità sono:

- 1) la stabilità, ossia la capacità dell'impasto di mantenere, sotto l'azione di forze esterne, l'uniformità di distribuzione dei componenti;
- 2) la mobilità, ossia la facilità con la quale l'impasto fluisce nella cassaforma fino a raggiungere le zone meno accessibili;
- 3) la compattabilità, ossia la facilità con la quale l'impasto può essere assestato nella cassaforma e l'aria intrappolata rimossa.

Mobilità e stabilità sono in rapporto con la consistenza o rigidità propria dell'impasto, e come questa dipendono dal contenuto d'acqua, dalla temperatura e dalla presenza di additivi.

Benché la consistenza non rappresenti l'intera storia della lavorabilità, tuttavia nella tecnologia del calcestruzzo è prassi consolidata controllare la lavorabilità dell'impasto fresco attraverso misure della consistenza, essendo queste ultime di semplice e rapida esecuzione.

La stagionatura del calcestruzzo

È l'insieme di precauzioni che, durante il processo di indurimento, permette di trasformare l'impasto fresco in un materiale resistente, privo di fessure e durevole. Con un adeguato periodo di stagionatura protetta, iniziato immediatamente dopo aver concluso le operazioni di posa in opera, il calcestruzzo può raggiungere le sue proprietà potenziali nella massa e in particolare nella zona superficiale.

La protezione consiste nell'impedire, durante la fase iniziale del processo di indurimento l'essiccazione della superficie del calcestruzzo:

- a) in primo luogo, perché l'acqua è necessaria per l'idratazione del cemento e per il progredire delle reazioni pozzolaniche, nel caso in cui si impieghino cementi di miscela;
- b) in secondo luogo, per evitare che gli strati superficiali del manufatto indurito risultino porosi.

L'essiccazione prematura rende il copriferro permeabile e quindi scarsamente resistente alla penetrazione delle sostanze aggressive presenti nell'ambiente di esposizione.

Nei manufatti a sviluppo orizzontale, in particolare lastre e pavimentazioni, la perdita d'umidità nella fase in cui l'impasto è ancora plastico può dar luogo alla fessurazione da ritiro plastico.

In generale, impedendo l'essiccazione superficiale (stagionatura protetta) e ottenendo di conseguenza un manufatto dotato di un copriferro pressoché impermeabile e privo di fessure, si garantisce la durabilità ed il raggiungimento della resistenza meccanica potenziale del calcestruzzo.

La risposta del calcestruzzo al processo di stagionatura dipende:

		S-RM-RELAZIONE SUI MATERIALI
		Rev. 1
		Pag. 5 di 17

- dalla sua composizione;
- dal rapporto a/c;
- dal tipo e classe di cemento come pure tipo e qualità delle aggiunte;
- dalla sua temperatura;

Un calcestruzzo di basso rapporto a/c prodotto con un cemento a rapido indurimento raggiunge più rapidamente la resistenza superficiale che assicura un ridotto grado di permeabilità, perciò necessita di minore stagionatura rispetto ai calcestruzzi con cemento che si idrata più lentamente o ai calcestruzzi contenenti un quantitativo elevato di aggiunte di natura pozzolanica. Con quest'ultimo tipo di calcestruzzo si può raggiungere il grado di durabilità atteso senza prolungare il periodo di stagionatura protetta, scegliendo un rapporto a/c più basso rispetto a quanto necessario in relazione alla sola normativa sulla durabilità;

La temperatura del calcestruzzo può aumentare a causa delle reazioni esotermiche tra il cemento e l'acqua. La velocità di indurimento è in larga misura determinata dalla temperatura del calcestruzzo: ad esempio a 35° C la velocità di indurimento è doppia che a 20° C e a 10° C tale velocità è circa metà che a 20° C. La temperatura del calcestruzzo in opera dipende dalle condizioni ambientali (temperatura, umidità relativa, presenza/assenza di vento), dalla temperatura dei costituenti il calcestruzzo, dal dosaggio, tipo e classe di cemento, dalle dimensioni dell'elemento strutturale e dal sistema di isolamento delle casseforme. Elementi a sezione sottile in casseforme senza isolamento termico, esposti sin dall'inizio a basse temperature ambientali e gettati con cementi a basso calore di idratazione, necessitano di un'attenta e sorvegliata stagionatura.

Finché l'idratazione del cemento non abbia progredito per almeno 10-20 ore, l'evaporazione dell'acqua dalle superfici esposte del calcestruzzo avviene come da una superficie bagnata, purché acqua sufficiente essudi in superficie. È perciò di notevole importanza impedire che durante le prime 24 ore dopo il getto l'essiccazione sia eccessiva, se si vuole prevenire la fessurazione da ritiro plastico.

Disarmo

Il disarmo deve avvenire per gradi ed in modo da evitare azioni dinamiche adottando opportuni provvedimenti.

Il disarmo non deve avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo, tenendo anche conto delle altre esigenze progettuali e costruttive; la decisione è lasciata al giudizio del direttore dei lavori.

4.1.2 Classe di resistenza, di esposizione e di consistenza dei calcestruzzi

Qualità e prescrizioni dei materiali

I calcestruzzi da impiegare per la realizzazione delle strutture devono garantire le seguenti proprietà:

Magrone di fondazione

Classe di resistenza C12/15

Calcestruzzo per strutture interrato (plinti, platee, ciabatte di fondazione, muri controterra)

Classe di resistenza C25/30 ($R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$)

Classe di esposizione XC2 (secondo UNI EN 206-1)

Copriferro netto minimo per la fondazione 40 mm

Classe di consistenza S4 (secondo UNI EN 206-1)

		S-RM-RELAZIONE SUI MATERIALI
		Rev. 1
		Pag. 6 di 17

Dimensione massima degli inerti 30 mm
Modulo di elasticità longitudinale teorico $E_c = 31475 \text{ N/mm}^2$

Calcestruzzo per strutture esposte alla pioggia (solette e muri di intercapedini)

Classe di resistenza C32/40 ($R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$)
Classe di esposizione XC3 (secondo UNI EN 206-1)
Copriferro netto minimo 25 mm
Classe di consistenza S5 (secondo UNI EN 206-1)
Dimensione massima degli inerti 20 mm
Modulo di elasticità longitudinale teorico $E_c = 33345 \text{ N/mm}^2$

Calcestruzzo per strutture interne protette da pioggia (vani scale, pianerottoli, travi, pareti, cappe di completamento dei solai, e pilastri gettati in opera).

Classe di resistenza C32/40 ($R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$)
Classe di esposizione XC1 (secondo UNI EN 206-1)
Copriferro netto minimo 25 mm
Classe di consistenza S5 (secondo UNI EN 206-1)
Dimensione massima degli inerti 20 mm
Modulo di elasticità longitudinale teorico $E_c = 33345 \text{ N/mm}^2$

4.2 Acciaio

Acciaio per elementi in c.a.

Barre ad aderenza migliorata, acciaio tipo B450C e B450A

Per B450C

$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$

- Diametro minimo $\varphi_{min} = 6 \text{ mm}$
- Diametro massimo $\varphi_{min} = 32 \text{ mm}$

Acciaio da carpenteria metallica

Acciaio tipo S235/275J

- S235- Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} > 235 \text{ N/mm}^2$ per spessori fino a 40 mm;
- S275-Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} > 275 \text{ N/mm}^2$ per spessori fino a 40 mm;
- Modulo elastico teorico $E_s = 210000 \text{ N/mm}^2$

Bulloni per carpenteria

Classe 8.8/Dadi 6S zincati.

5 PROPRIETÀ MECCANICHE DI PROGETTO

5.1 Proprietà meccaniche dei Calcestruzzo strutturale

		S-RM-RELAZIONE SUI MATERIALI
		Rev. 1
		Pag. 7 di 17

Caratteristiche di resistenza dei materiali assunte in progetto sono riportate nella tabella 1 seguente. La loro determinazione è stata sviluppata con le note correlazioni riportate dalle NTC, qui di seguito esemplificate con riferimento al caso della classe C25/30.

Calcestruzzo C25/30

$$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$$

Ai fini delle verifiche risulta necessario precisare le seguenti caratteristiche meccaniche:

il valore medio della resistenza a trazione semplice (assiale) che, in mancanza di diretta sperimentazione, può essere assunto pari a:

$$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{2/3} = 2,51 \text{ N/mm}^2$$

I valori caratteristici corrispondenti ai frattili 5% e 95% sono assunti pari, rispettivamente, a $0,7 f_{ctm}$ e $1,3 f_{ctm}$.

Il valore medio della resistenza a trazione per flessione è assunto, in mancanza di sperimentazione diretta, pari a:

$$f_{ctm} = 1,2 f_{ctm} = 3,01 \text{ N/mm}^2$$

Per il modulo elastico istantaneo del calcestruzzo va assunto quello secante tra la tensione nulla e $0,40 f_{cm}$, determinato sulla base di apposite prove, da eseguirsi secondo la norma UNI 6556:1976. In sede di progettazione si può assumere il valore:

$$E_{cm} = 22000 \cdot [f_{cm}/10]^{0,3} = 31476 \text{ N/mm}^2$$

Per il coefficiente di Poisson può adottarsi, a seconda dello stato di sollecitazione, un valore compreso tra:

$$0,1 \text{ e } 0,2 \text{ calcestruzzo non fessurato}$$

Il coefficiente di dilatazione termica del calcestruzzo può essere determinato a mezzo di apposite prove, da eseguirsi secondo la norma UNI EN 1770: 2000. In sede di progettazione, o in mancanza di una determinazione sperimentale diretta, per tale coefficiente può assumersi un valor medio pari a:

$$\alpha = 10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,85 \cdot 25 / 1,5 = 14,17 \text{ N/mm}^2$$

nel caso di elementi piani (solette, pareti) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori minori di 50 mm, la resistenza di calcolo a compressione va ridotta a $0,80 f_{cd}$.

Nella tabella seguente sono riportati i valori dei principali parametri meccanici valutati per le diverse classi di resistenza del calcestruzzo.

Classe	R_{ck}	f_{ck}	f_{cm}	f_{cd}	f_{ctm}	f_{ctk}	f_{ctf}	E_{cm}
C16/20	20	16	24	9,07	1,87	1,31	2,24	28608
C20/25	25	20	28	11,33	2,17	1,52	2,60	29962
C25/30	30	25	33	14,17	2,51	1,76	3,01	31476
C28/35	35	28	36	15,87	2,71	1,89	3,25	32308
C32/40	32	32	40	18,13	2,95	2,07	3,55	33346
C35/45	45	35	43	19,83	3,13	2,19	3,76	34077
C40/50	50	40	48	22,67	3,42	2,40	4,11	35220
C45/55	55	45	53	25,50	3,70	2,59	4,44	36283
C50/60	60	50	58	28,33	3,97	2,78	4,76	37278

5.2 Proprietà meccaniche degli acciai

		S-RM-RELAZIONE SUI MATERIALI
		Rev. 1
		Pag. 8 di 17

Acciaio da cemento armato B450A e B450C

Tipo B450C, $f_{yk} \geq 450 \text{ N/m}^2$, $f_{tk} \geq 540 \text{ N/m}^2$,

$$\Phi_{\max} = 40 \text{ mm}, \Phi_{\min} = 6 \text{ mm}, \text{Allungamento} = 7,5\%$$

Tipo B450A, $f_{yk} \geq 450 \text{ N/m}^2$, $f_{tk} \geq 540 \text{ N/m}^2$,

$$\Phi_{\max} = 10 \text{ mm}, \Phi_{\min} = 5 \text{ mm},$$

$$\text{Allungamento} = 2,5\%.$$

La resistenza di calcolo dell'acciaio è riferita alla tensione di snervamento ed il suo valore è dato da:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 450 / 1,15 = 391,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 391,3 / 210000 \approx 0,186\%$$

$$\text{con } E_s = 210000 \text{ N/mm}^2.$$

6 DISPOSIZIONI COSTRUTTIVE GENERALI

6.1 Condizioni ambientali

Per le strutture occorre considerare che le condizioni ambientali sono ordinarie, secondo le specifiche delle NTC18 (Tab. 4.1.III). Per le classi di esposizione si rimanda alle indicazioni della UNI EN 206.

.....

4.1.2.2.4.2 Condizioni ambientali

Ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche e della protezione contro il degrado del calcestruzzo, le condizioni ambientali 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* nonché nella UNI EN 206:2016 .

Tab. 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 la definizione del copriferro si considerano i riferimenti della UNI EN 1992-11-1.

In Italia occorre considerare la classe S4 e la S6, corrispondenti rispettivamente ad una vita utile di progetto di 50 e 100 anni.

6.2 Copriferro ed interferro

Per la definizione del copriferro si considerano i riferimenti della UNI EN 1992-11-1.

In Italia occorre considerare la classe S4 e la S6, corrispondenti rispettivamente ad una vita utile di progetto di 50 e 100 anni.

		S-RM-RELAZIONE SUI MATERIALI
		Rev. 1
		Pag. 9 di 17

Requisito Ambientale per $c_{min,dur}$ (mm)							
Classe strutturale	Classe di esposizione secondo il prospetto 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1	XD2 / XS1	XD3 / XS2 / XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

Prospetto 4.4N estratto dalla UNI EN 1992-1-1₁₉₉₄ che prescrive i valori del copriferro minimo $c_{min,dur}$ con riferimento alla durabilità per acciai da armatura ordinaria, in accordo alla EN 10080.

Le superfici delle barre devono essere mutuamente distanziate in ogni direzione di almeno una volta il diametro delle barre medesime e, in ogni caso, non meno di 2 cm. Si potrà derogare a quanto sopra raggruppando le barre a coppie ed aumentando la mutua distanza minima tra le coppie ad almeno 4 cm.

Per le barre di sezione non circolare si deve considerare il diametro del cerchio circoscritto.

Sovrapposizioni

Salvo diversa disposizione la sovrapposizione minima barre filanti è di $60\varnothing$.

Le giunzioni per sovrapposizione devono essere collocate in modo alternato rispetto alle giunzioni delle barre parallele adiacenti.

La Sovrapposizione minima per la rete elettrosaldata è di 2 maglie.

7 ORGANISMO STRUTTURALE PRIMARIO SOLUZIONE DI PROGETTO DEFINITIVO

7.1 Premesse

Il progetto del nuovo plesso prevede la costruzione della nuova scuola primaria, con annesso refettorio e palestra, della nuova scuola media inferiore, con annesso refettorio e palestra. Inoltre, a servizio della scuola elementare, media inferiore e della cittadinanza è prevista la realizzazione di edificio con funzioni di auditorium. La concezione delle due scuole prevede una impostazione analoga e per questo sono entrambe costituite da tre corpi di fabbrica. Il primo, ad uso aule e laboratori, presenta una forma in pianta a C. Il secondo, con pianta rettangolare, costituisce la palestra con annessi spogliatoi e servizi e, il terzo, con pianta quadrata/rettangolare, che costituisce il refettorio.

Nel presente paragrafo si descrivono le strutture dei diversi corpi di fabbrica. Per l'identificazione dei diversi corpi di fabbrica si è considerata la seguente denominazione (si veda figura 1):

- Corpo A1, corpo di fabbrica principale (su due piani) della scuola SECONDARIA, destinato ad aule e laboratori.
- Corpo A2, corpo di fabbrica destinato a refettorio della scuola SECONDARIA;
- Corpo A3, corpo di fabbrica destinato a palestra della scuola SECONDARIA;
- Corpo B1, corpo di fabbrica principale (su due piani) della scuola PRIMARIA, destinato ad aule e laboratori.
- Corpo B2, corpo di fabbrica del refettorio della scuola primaria;
- Corpo B3, corpo di fabbrica destinato a palestra della scuola PRIMARIA;
- Corpo C, corpo di fabbrica destinato ad uso auditorium;

		S-RM-RELAZIONE SUI MATERIALI
		Rev. 1
		Pag. 10 di 17

- Collegamento B4 (su due piani);
- Collegamento B5 (monopiano);
- Collegamento A4 (monopiano);
- Collegamento A5 (monopiano).

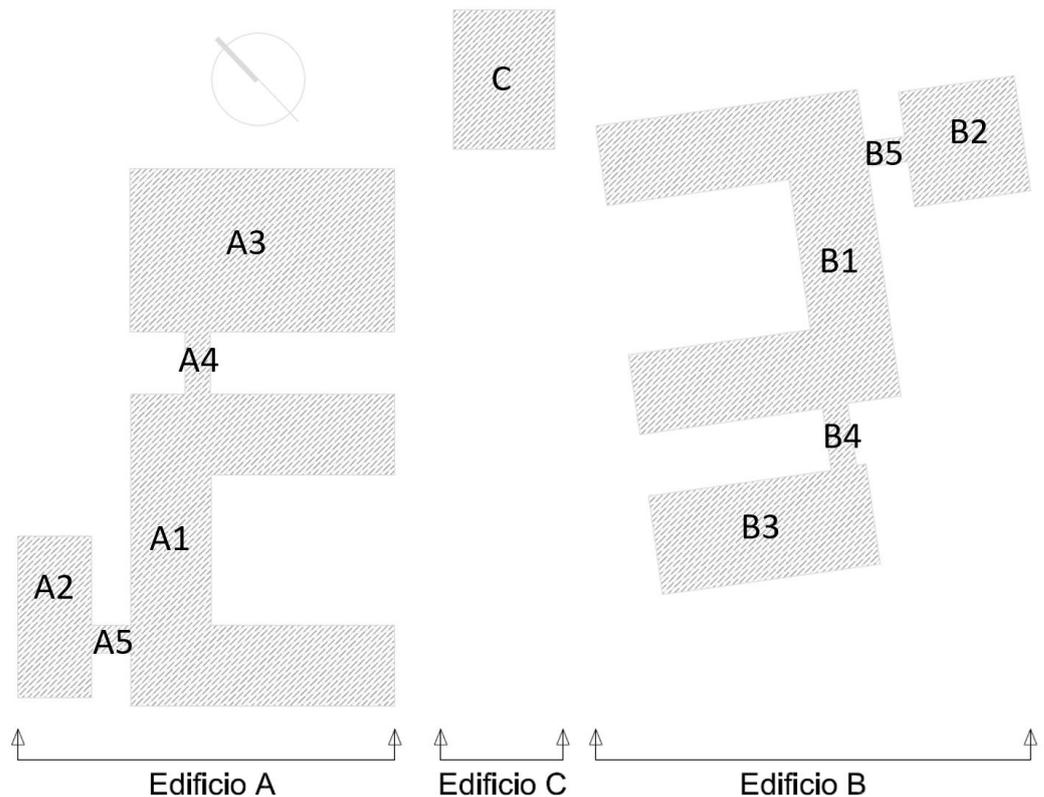


Figura 1 – Planimetria con individuazione degli edifici del plesso scolastico

Il sistema strutturale ipotizzato per i due corpi principali delle scuole (Edificio A1 e edificio B1) e per le palestre (Edifici A3 e B3), impiega come sistema sismo-resistente, un classico sistema a pareti di taglio in c.a., realizzate con delle armature collegate con giunzioni per sovrapposizione e solidarizzate con il getto di completamento. In questo caso gli elementi costituenti i telai in c.a., come i pilastri e le travi, sono ipotizzati con getto in opera, e si considerano non resistenti al sisma.

Il sistema strutturale ipotizzato per i refettori ed i collegamenti (corpi B2 e A4, B4, A5, B5, rispettivamente) considera i pilastri in cemento armato come strutture resistenti al sisma. Per il collegamento A2 è invece previsto un sistema con pareti in c.a..

Per quanto riguarda gli impalcati (intermedi e di copertura dei corpi A1, A3, A4, A5, B1, B2, B3, B4 e B5) si è ipotizzato l'impiego di solai realizzati con lastre di predalles che non sono autoportanti sull'intera luce e che per questo devono essere puntellate per le fasi di getto di completamento e maturazione. Per quanto riguarda la copertura del corpo A3 si è ipotizzato l'impiego di tegoli TT con soletta di completamento, di altezza totale 108+6 cm. Nel caso del corpo C la copertura è ipotizzato l'impiego di tegoli TT con soletta di completamento, di altezza totale 65+6 cm. Nel caso del corpo A2 è ipotizzato l'impiego di alveolari di altezza totale 30+5 cm.

		S-RM-RELAZIONE SUI MATERIALI
		Rev. 1
		Pag. 11 di 17

Le fondazioni a platea presentano uno spessore di 50 cm nella zona sottostante pilasti e pareti in c.a., di 20 cm nelle restanti zone.

Il piano interrato della palestra della scuola secondaria inferiore (edificio A3), considera il muro contro terra per la realizzazione di una intercapedine. Il muro è vincolato in testa dalla soletta in c.a. di copertura dell'intercapedine di spessore 20 cm.

In particolare, il sistema adottato in sede di progetto definitivo per la struttura in elevazione è quello classico in cemento armato gettato in opera, correntemente realizzato da imprese del settore.

Nel caso specifico, il sistema ipotizzato impiega i seguenti componenti strutturali:

- pareti contro terra in c.a., con altezza pari all'interpiano del piano interrato, con eventuale predisposizione di cassero a perdere, realizzato con lastre di c.a., e con alloggiamento delle armature di calcolo da collegare alle armature di ripresa con semplice giunzione per sovrapposizione.
- pareti di taglio in c.a., sismo-resistenti, realizzate con getto in opera e con eventuale impiego di gabbie di armatura in pannelli preconfezionati, accostati e resi continui con semplice giunzione per sovrapposizione delle barre orizzontali;
- pilastri in c.a., con gabbia di armatura di altezza anche di due interpiani;
- impalcato realizzati con lastre di predalles non autoportanti sull'intera luce.
- travi in cemento armato gettate in opera;
- impalcato di copertura con tegoli TT per le coperture dei corpi A3 e B3;
- impalcato di copertura con alveolari (30+ 5 cm) per la copertura del corpo A2 (refettorio);

Per la struttura in elevazione, l'impiego della soluzione in cemento armato gettato in opera porta all'organizzazione strutturale riportata nel modello BIM delle strutture dal quale si sono estratte le tavole che descrivono le strutture e alle quali si rimanda. In specifico le tavole predisposte sono riportate nell'elenco riportato nella tabella seguente.

Codice tavola	Titolo tavola
S.01	Progetto strutturale – Edificio A – Pianta delle fondazioni
S.02	Progetto strutturale – Edificio A – Vista speculare impalcato piano terra
S.03	Progetto strutturale – Edificio A – Vista speculare impalcato del piano 1° o di copertura
S.04	Progetto strutturale – Edificio A – Vista speculare impalcato del piano di copertura
S.05	Progetto strutturale – Edificio A – Sezioni longitudinale
S.06	Progetto strutturale – Edificio A – Sezioni trasversale
S.07	Progetto strutturale – Edificio A – Dettagli costruttivi tipologici: nodi di collegamento
S.08	Progetto strutturale – Edificio A – Corpi scala e ascensore
S.09	Progetto strutturale – Edificio B – Pianta delle fondazioni
S.10	Progetto strutturale – Edificio B – Vista speculare impalcato del piano 1° o di copertura
S.11	Progetto strutturale – Edificio B – Vista speculare impalcato del piano di copertura
S.12	Progetto strutturale – Edificio B – Sezioni longitudinale
S.13	Progetto strutturale – Edificio B – Sezioni trasversale
S.14	Progetto strutturale – Edificio B – Dettagli costruttivi tipologici: nodi di collegamento
S.15	Progetto strutturale – Edificio B – Corpi scala e ascensore
S.16	Progetto strutturale – Edificio C – Pianta delle fondazioni

		S-RM-RELAZIONE SUI MATERIALI
		Rev. 1
		Pag. 12 di 17

S.17	Progetto strutturale – Edificio C – Vista speculare impalcato del piano 1° o di copertura
S.18	Progetto strutturale – Edificio C – Vista speculare impalcato del piano di copertura
S.19	Progetto strutturale – Edificio C – Sezioni longitudinale
S.20	Progetto strutturale – Edificio C – Sezioni trasversale
S.21	Progetto strutturale – Edificio C – Dettagli costruttivi tipologici: nodi di collegamento
S.22	Progetto strutturale – Edificio C – Corpi scala e ascensore

La realizzazione della costruzione prevede le seguenti fasi costruttive:

1. demolizioni delle parti in elevazione esistenti fino al p.c.;
2. scavo generale fino alle quote di scavo di progetto;
3. demolizione delle parti in elevazione e interrato fino alla quota di – 30 cm dal piano di scavo fondazionale;
4. tombamento delle parti residuali con macerie di recupero;
5. predisposizione di uno strato di macerie di recupero sotto la platea di fondazione (spessore minimo 30 cm);
6. realizzazione della fondazione con platee;
7. esecuzione pareti contro terra e delle pareti e dei pilastri in c.a. gettato in opera del piano interrato del corpo A3;
8. montaggio dei campi di solaio con lastre di predalles dell'impalcato di piano terra del corpo A3;
9. esecuzione pareti e dei pilastri in c.a. gettato in opera del piano terra;
10. montaggio dei campi di solaio dell'impalcato di calpestio del primo piano (corpi su due piani ft) o di copertura dei corpi monopiano, con lastre di predalles e con alveolari per copertura edificio A2;
11. posizionamento armatura propria e di collegamento della soletta in c.a. e della parte di completamento delle travi dell'impalcato;
12. getto degli elementi di piano dell'impalcato di piano primo (corpi su due piani ft) o di copertura dei corpi monopiano;
13. getto del secondo interpiano, delle pareti di taglio e dei pilastri;
14. montaggio dei campi di solaio con lastre di predalles del secondo impalcato di copertura;
15. posizionamento armatura propria e di collegamento della soletta in c.a. e della parte di completamento delle travi dell'impalcato di copertura dei corpi a due piani;
16. getto di completamento degli elementi di piano di copertura dei corpi a due piani.

7.2 DESCRIZIONE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI (SOLUZIONE DI PROGETTO DEFINITIVO)

7.2.1 Fondazioni

Le fondazioni sono realizzate con una platea di tipo diretto di spessore 50 cm, in corrispondenza degli allineamenti dei telai e dei muri di controventatura per poi ridursi a 20 cm, nelle altre zone.

7.2.2 Pareti e muri

La soluzione strutturale ipotizzata nel progetto definitivo prevede la realizzazione del sistema strutturale verticale gettato interamente in opera.

		S-RM-RELAZIONE SUI MATERIALI
		Rev. 1
		Pag. 13 di 17

7.2.3 Pilastri

La soluzione strutturale ipotizzata nel progetto definitivo prevede la realizzazione del sistema strutturale verticale gettato interamente in opera.

7.2.4 Travi

La soluzione strutturale ipotizzata nel progetto definitivo prevede la realizzazione del sistema strutturale verticale gettato interamente in opera.

7.2.5 Caratteristiche elementi di piano

La soluzione strutturale ipotizzata nel progetto definitivo prevede che ad esclusione di alcune limitate zone in corrispondenza delle scale, i solai siano realizzati parte con elementi prefabbricati a lastra in cemento armato tipo predalles, parte con elementi prefabbricati del tipo alveolare e parte con tegoli a TT, le cui caratteristiche sono di seguito specificate.

Lastre tralicciate predalles per solai

Solaio a lastre in calcestruzzo armato tipo PREDALLES, con finitura all'intradosso piana e liscia da cassero in acciaio, costituite da una soletta inferiore armata in calcestruzzo di classe $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$, irrigidita da tralici elettrosaldati longitudinali (3 per lastre aventi modulo 120 cm e 5 per lastre aventi modulo 240 cm, collegati da rete elettrosaldata), tra i quali vengono posizionati i blocchi di alleggerimento (in polistirolo di densità 10kg/m^3 o in laterizio), marcate CE come previsto dalle NTC 2018. Le lastre risultano armate con acciaio ad aderenza migliorata tipo B450C, delle dimensioni e quantità previste dai calcoli statici, eseguiti con vincoli di semplice appoggio od in continuità; in base a particolari richieste progettuali, realizzate anche per sottomisure, intagli o fori. L'eventuale armatura aggiuntiva in campata, in acciaio ad aderenza migliorata tipo B450C, deve essere posta sopra la lastra o dentro la lastra, sopra le barrette trasversali, comunque in modo da garantire il copriferro richiesto per le esigenze di durabilità e di eventuale resistenza al fuoco dei manufatti. Il comportamento solidale con le travi principali e/o con le campate adiacenti viene garantito inserendo prima del getto di completamento, opportune armature in acciaio ad aderenza migliorata tipo B450C, atte a resistere ad azioni taglianti ed a momento negativo. Il solaio deve essere completato con un getto integrativo in calcestruzzo di classe $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$, accuratamente vibrato, in modo che siano garantiti il completo riempimento delle nervature tra i blocchi di alleggerimento, delle fasce piene e delle nervature trasversali di ripartizione (necessarie per luci maggiori di 4.50 m o nel caso di carichi concentrati o di planimetrie aventi forme articolate), l'avvolgimento dei tralici e delle armature aggiuntive e l'aderenza al calcestruzzo prefabbricato.

Il getto integrativo deve consentire la formazione della soletta collaborante, di spessore $\geq 5 \text{ cm}$, adeguatamente armata con rete elettrosaldata (diametro 8 e maglia 20x20 cm). Il calcestruzzo del riempimento deve essere confezionato con rapporto acqua/cemento ≤ 0.6 , eventualmente additivato con fluidificanti, con uso di granulometria appropriata, limitando il diametro massimo dell'inerte a 12 mm. Nelle operazioni di posa in opera delle lastre, gli appoggi devono risultare complanari ed allo stesso livello, in modo da evitare comportamenti trasversali anomali e deve essere prevista un'impalcatura provvisoria di sostegno con rompitratta intermedi posti a distanza variabile in funzione del peso del solaio.

		S-RM-RELAZIONE SUI MATERIALI
		Rev. 1
		Pag. 14 di 17

Caratteristiche dei materiali

Resistenza caratteristica getto integrativo $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ - Resistenza al fuoco R60' - Luci max solaio 8,73 m.

Pannelli alveolari di solaio (spessore 30+5 cm)

Le lastre di solaio alveolare precompresso autoportante, con spessore nominale, dimensioni e caratteristiche indicate in progetto, a doppia superficie piana, inferiore liscia da cassero, di resistenza caratteristica non inferiore a $R_{ck} 55 \text{ MPa}$, armate con acciaio armonico in pretensione devono essere con le seguenti caratteristiche:

- larghezza modulare di cm 120;
- calcolato per una lunghezza massima di 11,5 m;
- fresature di testa comprese;
- cappa collaborante armata di spessore minimo pari a 5 cm;
- lo spessore del pacchetto solaio comprende lo spessore nominale del pannello alveolare, lo spessore minimo della cappa armata di completamento e l'eventuale contro-monta derivante dalla precompressione dei manufatti prefabbricati;
- copriferro deve essere sufficiente a garantire una resistenza al fuoco pari a R60';
- getto di calcestruzzo con C 32/40, necessario per il collegamento e la formazione di un unico corpo fra le travi e il collegamento con le pareti di taglio;
- le tolleranze di produzione e montaggio dovranno essere conformi alle specifiche del produttore del solaio. La finitura sarà liscia da cassero metallico, del colore quale risulta dall'impiego di cemento grigio, con tonalità non sempre uniformi ed omogenee, e che potrà presentare dei fori dovuti a bollicine d'aria imprigionate nell'impasto.

Caratteristiche dei materiali

- Classe di Resistenza del calcestruzzo: C 50/55
- Classe di Resistenza calcestruzzo per getto integrativo: C 32/40
- Acciaio armonico di precompressione: trefoli a basso rilassamento (stabilizzato) $f_{ptk} > 1860 \text{ N/mm}^2$; $f_{p(1)k} > 1670 \text{ N/mm}^2$.
- Acciaio ad aderenza migliorata: classe B450 C, $f_{yk} > 450 \text{ N/mm}^2$; $f_{tk} > 540 \text{ N/mm}^2$.

Tegoli prefabbricati di copertura (H=108+6 cm e H=65+6 cm)

Il solaio con tegolo a TT, binervato, è realizzato con elementi prefabbricati in cemento armato precompresso, (c.a.p.) a fili aderenti, composto da una soletta superiore di spessore 5 cm, larghezza standard 250 cm con due nervature di altezza e larghezza variabili.

La larghezza standard 250 cm. Talvolta, in relazione alle esigenze può essere variata.

L'intradosso dell'elemento Tegolo è liscio fondo cassero, l'estradosso rifinito a staggia vibrante in caso di assenza di getto di completamento, in caso contrario la superficie è scabra e presenta staffe fuoriuscenti.

In opera vien completato con soletta collaborante di spessore pari a 6 cm, armata con rete elettrosaldata $\varnothing 6$ (20x20). Durante la posa gli elementi Tegolo dovranno essere posizionati su appoggi complanari e a livello, al fine di evitare comportamenti trasversali anomali. Il montaggio avviene in condizioni di autoportanza.

L'appoggio sulle strutture portanti avviene con interposizione di cuscinetti in neoprene secondo quanto previsto nel progetto. Il montaggio del solaio dovrà avvenire, secondo lo schema riportato nei grafici progettuali.

Caratteristiche dei materiali

- Classe di Resistenza del calcestruzzo: C 50/55
- Classe di Resistenza calcestruzzo per getto integrativo: C 32/40

		S-RM-RELAZIONE SUI MATERIALI
		Rev. 1
		Pag. 15 di 17

- Acciaio armonico di precompressione: trefoli a basso rilassamento (stabilizzato) $f_{ptk} > 1860 \text{ N/mm}^2$; $f_{p(1)k} > 1670 \text{ N/mm}^2$.
- Acciaio ad aderenza migliorata: classe B450C, $f_{yk} > 450 \text{ N/mm}^2$; $f_{tk} > 540 \text{ N/mm}^2$
- copriferro deve essere sufficiente a garantire una resistenza al fuoco pari a R60'.

		S-RM-RELAZIONE SUI MATERIALI
		Rev. 1
		Pag. 16 di 17