



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



CITTÀ DI SCAFATI (SA)

Settore VI - LL.PP. e Manutenzione

Piazza Municipio
84018 Scafati

R.U.P.

geom. Ciro Alfano

Servizi di Ingegneria



Via A. De Gasperi, 45 - 80133 Napoli
Tel.: (+39) 081 19360779
Fax: (+39) 081 19360588

web: www.fmcengineering.it
e-mail: info@fmcengineering.it
pec: fmcengineeringsrl@pec.it

Progettista

ing. Luigi Fico



Progetto definitivo-esecutivo dei lavori di adeguamento sismico della scuola elementare e materna Tenente Iorio

Via Martiri D'Ungheria n. 275, Scafati (SA) - 84018

PNRR: Missione 5 - Componente 2 Investimento/Subinvestimento 2.1 "Rigenerazione Urbana"



ELABORATO

CUP: G84I19000380001

Relazione sui Materiali

No. DOC	Fase Progetto	Sezione	Ext.	Dimensioni foglio	
220	PDE	STR	DOC	A4	
REV.	DESCRIZIONE REVISIONE	DATA	AUTORE	VERIFICA	APPROVAZIONE
R00	Prima emissione	24/03/2023	G. Maccariello	R. Lettieri	L. Fico
R01	Verbale del 03/04/2023	03/04/2023	G. Maccariello	R. Lettieri	L. Fico

NOME FILE: SCF-220-PDE-STR-DOC-A4-R01-Relazione sui Materiali

SOMMARIO

1	MATERIALI ESISTENTI	3
1.1	CALCESTRUZZO ARMATO	3
1.2	ACCIAIO DA CALCESTRUZZO	3
2	MATERIALI PER IL CONSOLIDAMENTO DEGLI ELEMENTI ESISTENTI	4
2.1	CONGLOMERATO CEMENTIZIO MAGRO	4
2.1.1	RIFERIMENTI	4
2.1.2	CARATTERISTICHE ADOTTATE PER TIPOLOGIA STRUTTURALE	4
2.1.3	DOSAGGIO DEI MATERIALI	4
2.1.4	RIEPILOGO PARAMETRI MECCANICI	4
2.1.5	PROSPETTO CLASSE DI ESPOSIZIONE E COMPOSIZIONE UNI EN 206-1	5
2.2	CALCESTRUZZO ARMATO	5
2.2.1	RIFERIMENTI	5
2.2.2	CARATTERISTICHE ADOTTATE PER TIPOLOGIA STRUTTURALE	5
2.2.3	DOSAGGIO DEI MATERIALI	6
2.2.4	ADDITIVI	6
2.2.5	QUALITÀ DEI COMPONENTI	6
2.2.6	PRESCRIZIONE PER INERTI	7
2.2.7	PRESCRIZIONE PER IL DISARMO	7
2.2.8	PROVINI DA PRELEVARSI IN CANTIERE	7
2.2.9	COPRIFERRO E INTERFERRO	7
2.2.10	RIEPILOGO PARAMETRI MECCANICI	11
2.3	ACCIAIO DA CALCESTRUZZO	11
2.3.1	RIFERIMENTI	11
2.3.2	CARATTERISTICHE MECCANICHE ADOTTATE	11
2.3.3	PRESCRIZIONI	11
2.3.4	RIEPILOGO PARAMETRI MECCANICI	12
2.4	FISSAGGIO CHIMICO A BASE DI RESINA EPOSSIDICA PER INGHISAGGI	12
2.5	ACCIAIO INOX PER CUCITURE ATTIVE	13
2.6	BLOCCHI IN LATERIZIO FORATO TAMPONATURE ESTERNE	13
2.7	GIUNTI SISMICI	14
3	CONCLUSIONI	15

INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 1 – VALUTAZIONE DEI PARAMETRI DI RESISTENZA E DEI MODULI ELASTICI.	3
TABELLA 2 – VALUTAZIONE DEI PARAMETRI DI RESISTENZA E DEI MODULI ELASTICI. VALORI MEDI.....	3
TABELLA 3 – CARATTERISTICHE GENERALI CALCESTRUZZO MAGRO PER ELEMENTI IN FONDAZIONE.	4
TABELLA 4 – DESCRIZIONE CLASSE DI ESPOSIZIONE CALCESTRUZZO MAGRO.....	5
TABELLA 5 – CARATTERISTICHE GENERALI CALCESTRUZZO ARMATO PER ELEMENTI IN FONDAZIONE.....	5
TABELLA 6 – CARATTERISTICHE GENERALI CALCESTRUZZO ARMATO PER ELEMENTI IN ELEVAZIONE.	6
TABELLA 7 – VALORI DI DOSAGGIO DEL CALCESTRUZZO.....	6
TABELLA 8 – CARATTERISTICHE ADDITIVI PER CONGLOMERATO CEMENTIZIO.	6
TABELLA 9 – ASSORTIMENTO GRANULOMETRICO.	7
TABELLA 10 - COPRIFERRO MINIMO, $C_{MIN,B}$, RICHiesto CON RIFERIMENTO ALL'ADERENZA.....	8
TABELLA 11 - VALORI DEL COPRIFERRO MINIMO, $C_{MIN,DUR}$, REQUISITI CON RIFERIMENTO ALLA DURABILITÀ PER ACCIAI DA ARMATURA.....	9
TABELLA 12 – CARATTERISTICHE MECCANICHE ACCIAIO PER ARMATURE.....	11
TABELLA 13– NTC 2018 PAR. 11.3.2.1 TABELLA 11.3.1b.....	11

1 MATERIALI ESISTENTI

Si riportano di seguito le caratteristiche dei materiali esistenti costituenti l'intero corpo di fabbrica. I dati riportati sono il prodotto della campagna di indagine sui materiali e sugli elementi strutturali primari eseguita in fase di valutazione della vulnerabilità sismica, validata ed integrata in fase di progetto definito - esecutivo. I dati ottenuti in fase di VVS sono stati ritenuti validi ed esaustivi e pertanto sono stati interamente recepiti. Per i necessari approfondimenti sulla quantità, l'ubicazione e la descrizione delle diverse indagini effettuate sia sui terreni che sui materiali, si rimanda agli specifici elaborati a corredo del presente progetto.

1.1 CALCESTRUZZO ARMATO

Per gli elementi in calcestruzzo che rientrano nel modello le prove di laboratorio hanno fornito, oltre al peso specifico γ_c , una resistenza a compressione cubica R_c , equivalente alla resistenza del calcestruzzo in sito al netto del disturbo arrecato durante la fase di prelievo. A partire da tali resistenze, è stata calcolata la resistenza cubica media R_{cm} .

Tale resistenza è stata trasformata in resistenza cilindrica media attraverso la formulazione seguente (cfr. NTC, §11.2.10.1):

$$f_{cm} = 0.83 R_{cm}$$

Nota quest'ultima, è possibile ottenere il modulo di elasticità del calcestruzzo (cfr. NTC §11.2.10.2):

$$E_{cm} = 22000 \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0.3}$$

Il peso specifico fornito dalle prove è relativo al solo calcestruzzo. Pertanto, noto il valore medio γ_{cm} e tenendo conto della presenza delle barre, il peso specifico del calcestruzzo armato relativo alle prove risulta pari a:

$$\gamma_{c.a.m} = \gamma_{cm} + 1$$

In base a tali considerazioni e tenendo conto dei risultati ottenuti dalle prove di laboratorio effettuate sui provini estratti, sono stati assunti i seguenti parametri meccanici:

R_{cm} (MPa)	f_{cm} (MPa)	E_{cm} (MPa)	$E_{cm, cr, travi}$ (MPa)	$E_{cm, cr, Pareti}$ (MPa)	$E_{cm, cr, pilastri}$ (MPa)
26.30	21.80	30625.40	18375.24	21437.78	24500.32

Tabella 1 – Valutazione dei parametri di resistenza e dei moduli elastici.

Si specifica che i valori dei moduli elastici E_{cm} sono stati opportunamente ridotti al fine di tener conto della fessurazione nella rappresentazione della rigidità degli elementi strutturali; in mancanza di analisi specifiche, la rigidità flessionale e a taglio di elementi in calcestruzzo armato può essere ridotta sino al 50% delle rigidità non fessurate (cfr. NTC 2018, §7.2.6). Nel caso in esame, come si può evincere dalla tabella seguente, i moduli elastici sono stati ridotti del 40% nel caso delle travi, del 30% nel caso delle pareti e del 20% nel caso dei pilastri.

1.2 ACCIAIO DA CALCESTRUZZO

A seguire si riportano le caratteristiche meccaniche delle armature presenti negli elementi principali in calcestruzzo, ottenute a valle di specifiche indagini in sito ed in laboratorio.

$f_{ym, travi}$ (MPa)	$f_{ym, pilastri}$ (MPa)	E_s (MPa)
440	440	210000

Tabella 2 – Valutazione dei parametri di resistenza e dei moduli elastici. Valori medi.

2 MATERIALI PER IL CONSOLIDAMENTO DEGLI ELEMENTI ESISTENTI

Di seguito si riportano le informazioni relative all'elenco dei materiali, con le relative caratteristiche meccaniche, impiegati per il consolidamento degli elementi esistenti.

2.1 CONGLOMERATO CEMENTIZIO MAGRO

Si riportano di seguito le caratteristiche dei calcestruzzi magri da utilizzare per la realizzazione dei magroni di fondazione per entrambi i corpi costituenti l'edificio scolastico

2.1.1 Riferimenti

- D.M. 17.01.2018, par. 11.2;
- Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale;
- UNI EN 206-1/2006;
- Cemento conforme alla norma EN 197-1;
- Acqua di impasto conforme alla norma EN 1008;
- Additivi conformi alla norma EN 934-2.

2.1.2 Caratteristiche adottate per tipologia strutturale

Tipologia strutturale:	Elementi in c.a. di fondazione (travi, plinti)
Classe di resistenza necessaria ai fini statici:	C20/25 MPa
Condizioni ambientali:	Ordinarie. Assenza di rischio di corrosione o attacco
Classe di esposizione:	X0
Rapporto acqua/cemento max:	-
Classe di consistenza:	-
Diametro massimo aggregati:	-

Tabella 3 – Caratteristiche generali calcestruzzo magro per elementi in fondazione.

2.1.3 Dosaggio dei materiali

Il dosaggio dei materiali è orientativamente pari a 150 kg/mc di cemento tipo 325.

2.1.4 Riepilogo parametri meccanici

- | | |
|---|---------------------------------|
| • Denominazione | C20/25 |
| • Resistenza caratteristica cilindrica a compressione | $f_{ck} = 20.00 \text{ MPa}$ |
| • Resistenza caratteristica cubica a compressione | $R_{ck} = 25.00 \text{ MPa}$ |
| • Modulo di elasticità normale medio | $E_{cm} = 30200 \text{ MPa}$ |
| • Coefficiente di Poisson | $\nu = 0.20$ |
| • Peso specifico | $\gamma = 24.00 \text{ kN/m}^3$ |
| • Classe di Esposizione (elementi in fondazione) | X0 (fondazione) |

2.1.5 Prospetto classe di esposizione e composizione UNI EN 206-1

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						
Xo	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	---

Tabella 4 – Descrizione classe di esposizione calcestruzzo magro.

2.2 CALCESTRUZZO ARMATO

Si riportano di seguito le caratteristiche dei calcestruzzi da utilizzare per la realizzazione degli interventi di adeguamento sismico sulle strutture di fondazione ed elevazione. Gli stessi calcestruzzi sono inoltre utilizzati per gli elementi di nuova costruzione.

2.2.1 Riferimenti

- D.M. 17.01.2018, par. 11.2;
- Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale;
- UNI EN 206-1/2006;
- Cemento conforme alla norma EN 197-1;
- Acqua di impasto conforme alla norma EN 1008;
- Additivi conformi alla norma EN 934-2.

2.2.2 Caratteristiche adottate per tipologia strutturale

Tipologia strutturale:	Elementi in c.a. di fondazione (platea)
Classe di resistenza necessaria ai fini statici:	C28/35 MPa
Condizioni ambientali:	Asciutto. Strutture completamente interrate in terreno impermeabile.
Classe di esposizione:	XC2
Rapporto acqua/cemento max:	0.60
Classe di consistenza:	S4
Diametro massimo aggregati:	30 mm

Tabella 5 – Caratteristiche generali calcestruzzo armato per elementi in fondazione.

Tipologia strutturale:	Elementi in c.a. in elevazione (travi, pilastri, pareti, solai)
Classe di resistenza necessaria ai fini statici:	C28/35 MPa
Condizioni ambientali:	Asciutto. Interni di edifici con umidità relativamente basse.
Classe di esposizione:	XC1
Rapporto acqua/cemento max:	0.60
Classe di consistenza:	SF1
Diametro massimo aggregati:	20 mm

Tabella 6 – Caratteristiche generali calcestruzzo armato per elementi in elevazione.

2.2.3 Dosaggio dei materiali

Il dosaggio dei materiali è orientativamente la seguente (per metro cubo d'impasto).

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

Tabella 7 – Valori di dosaggio del calcestruzzo.

2.2.4 Additivi

Additivi liquidi ad effetto fluidificante, esenti da cloruri, al fine di ridurre i fenomeni di ritiro idraulico nei conglomerati cementizi.

Additivi fluidificanti per ritiro idraulico	
Consistenza:	liquido
Colore:	giallo paglierino
Massa volumica secondo ISO 758:	1.02 +/- 0.20 (g/cm ³)
Azione principale:	riduzione ritiro idraulico
Classificazione secondo UNI EN 934-2:	additivo riduttore acqua / fluidificante
pH:	7 +/- 1
Cloruri solubili in acqua secondo EN 480-10:	< 0.1 %
Contenuto alcali secondo EN 480-12:	< 2.5 %

Tabella 8 – Caratteristiche additivi per conglomerato cementizio.

2.2.5 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 super-fluidificanti per contenere il rapporto acqua/cemento mantenendo la lavorabilità necessaria.

2.2.6 Prescrizione per inerti

Sabbia viva 0-7 mm, pulita, priva di materie organiche e terrose; ghiaia fino a 16 mm, 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%

Tabella 9 – Assortimento granulometrico.

2.2.7 Prescrizione per il disarmo

Indicativamente: opere fondali 24-25 giorni.

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

2.2.8 Provini da prelevarsi in cantiere

- n° 2 cubi di lato 15 cm;
- un prelievo ogni 100 m³ e comunque per ogni giorno di getto;

$$s_{c28} \geq 3 s_{c \text{ adm}}$$

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

2.2.9 Copriferro e interferro

Per garantire un'adeguata conservazione delle proprietà meccaniche dei materiali le NTC2018 prescrivono al paragrafo 4.1.6.1.3 che "L'armatura resistente deve essere protetta da un adeguato ricoprimento di calcestruzzo. Al fine della protezione delle armature dalla corrosione, lo strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve essere dimensionato in funzione dell'aggressività dell'ambiente e della sensibilità delle armature alla corrosione, tenendo anche conto delle tolleranze di posa delle armature; a tale scopo si può fare utile riferimento alla UNI EN 1992-1-1."

In accordo all'Eurocodice 2, il copriferro è la distanza tra la superficie esterna dell'armatura (inclusi staffe, collegamenti e rinforzi superficiali, se presenti) più prossima alla superficie del calcestruzzo e la superficie stessa del calcestruzzo. Il valore da utilizzare nei calcoli strutturali e da riportare negli elaborati grafici si definisce come copriferro nominale (c_{nom}) dato da:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

dove:

- c_{min} : valore del copriferro minimo;
- Δc_{dev} : tolleranza di esecuzione relativa al copriferro.

Lo spessore minimo del copriferro è pari al valore massimo tra quelli minimi imposti per soddisfare le esigenze di durabilità, di aderenza e di resistenza al fuoco, secondo la relazione:

$$c_{min} = \max \{ c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm} \}$$

dove:

- $c_{min,b}$: copriferro minimo dovuto al requisito di aderenza;
- $c_{min,dur}$: copriferro minimo dovuto alle condizioni ambientali;
- $\Delta c_{dur,\gamma}$: margine di sicurezza;
- $\Delta c_{dur,st}$: riduzione del copriferro minimo quando si utilizza acciaio inossidabile;
- $\Delta c_{dur,add}$: riduzione del copriferro minimo quando si ricorre a protezione aggiuntiva.

- Copriferro minimo per garantire l'aderenza acciaio/calcestruzzo

Relativamente allo spessore minimo $c_{min,b}$, per garantire una corretta trasmissione degli sforzi tra armatura e calcestruzzo, si farà riferimento al diametro delle barre ordinarie secondo quanto riportato in Tabella 10.

prospetto 4.2 **Copriferro minimo, $c_{min,b}$, richiesto con riferimento all'aderenza**

Requisito relativo all'aderenza	
Disposizione delle armature	Copriferro minimo $c_{min,b}$ ^{*)}
Isolate	Diametro della barra
Raggruppate	Diametro equivalente (ϕ_n) (vedere punto 8.9.1)
*) Se la dimensione nominale massima dell'aggregato è maggiore di 32 mm, si raccomanda di aumentare $c_{min,b}$ di 5 mm.	

Tabella 10 - Copriferro minimo, $c_{min,b}$, richiesto con riferimento all'aderenza

Da sottolineare che per armature ordinarie, sia in barre singole che raggruppate, immerse in un calcestruzzo avente diametro massimo dell'aggregato maggiore di 32 mm, il valore minimo del copriferro da imporre per garantire una corretta aderenza tra barre e conglomerato sarà pari al diametro delle barre aumentato di 5 mm.

- Copriferro minimo per garantire la durabilità

Il copriferro riveste un ruolo di primaria importanza in quei contesti in cui il degrado prevalente è rappresentato dalla corrosione dei ferri di armatura. L'adozione di un copriferro sufficientemente spesso, infatti, consente di allungare il cammino che le sostanze depassivanti (anidride carbonica e cloruri) devono percorrere per raggiungere l'armatura. Pertanto, più grande risulterà lo spessore maggiore sarà il tempo di innesco del processo di corrosione dell'acciaio e, conseguentemente, la struttura avrà una vita nominale più prolungata.

Nello specifico, per quanto attiene alla scelta del copriferro minimo per il rispetto delle condizioni di durabilità, ($c_{min,dur}$), l'Eurocodice 2 (UNI EN 1992-1-1) fornisce, in forma tabellare i valori del copriferro minimo in funzione del tipo di armatura (lenta o da precompressione), della classificazione strutturale e delle classi di esposizione ambientale cui l'elemento in calcestruzzo ricade (Tabella 11).

prospetto 4.4N **Valori del copriferro minimo, $c_{min,dur}$, requisiti con riferimento alla durabilità per acciai da armatura ordinaria, in accordo alla EN 10080**

Requisito ambientale per $c_{min,dur}$ (mm)							
Classe strutturale	Classe di esposizione secondo il prospetto 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / 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

Tabella 11 - Valori del copriferro minimo, $c_{min,dur}$, requisiti con riferimento alla durabilità per acciai da armatura

Le costruzioni con vita nominale di 50 anni ricadano in classe strutturale S4 e, pertanto, i valori minimi del copriferro per c.a. possono essere dedotti direttamente dalla Tabella 2 alla riga corrispondente a tale classe strutturale (S4) in funzione della classe di esposizione ambientale (X0, XC, XD e XS).

In merito ai coefficienti correttivi riportati nell'espressione del calcolo del copriferro minimo $c_{min,dur}$ si può fare riferimento a quanto riportato nell'appendice nazionale, la quale prevede quanto segue:

- $\Delta_{Cdur,\gamma}$: coefficiente che tiene conto di un margine di sicurezza aggiuntivo, si consiglia di porre tale valore pari a zero;
- $\Delta_{Cdur,st}$: coefficiente che tiene conto della riduzione del copriferro minimo quando si utilizza acciaio inossidabile, si consiglia di porre tale valore pari a zero;
- $\Delta_{Cdur,add}$: coefficiente che tiene conto della riduzione del copriferro minimo quando si ricorre a protezioni aggiuntive, si consiglia di porre tale valore pari a zero.

Scelto il valore massimo tra i copriferri minimi atti a garantire i requisiti sia di aderenza, durabilità che di esecuzione, è necessario calcolare i valori della tolleranza, Δ_{Cdev} , per definire il valore del copriferro nominale da riportare negli elaborati grafici e da utilizzare nei calcoli statici. La scelta di Δ_{Cdev} deve essere effettuata in funzione della severità dei controlli e dei tipi di getti che si realizzano in accordo con quanto definito dall'Eurocodice 2.

Il draft dell'Appendice nazionale Italiana per la norma UNI EN 1992-1-1 consiglia di fissare la tolleranza Δ_{Cdev} pari a 10 mm

- Calcolo del copriferro

A seguito, quindi, delle considerazioni sopra riportate in merito alla durabilità e trasmissione degli sforzi di aderenza tra acciaio e calcestruzzo, nonché al soddisfacimento della vita nominale imposta per la struttura e tenendo, infine, conto delle tolleranze di esecuzione si procede alla definizione del copriferro nominale, facendo riferimento ai dati seguenti:

Fondazione:

- Classe di esposizione XC2;
- Calcestruzzo con classe di resistenza C28/35;
- Barre longitudinali di armatura max $\phi 20$ e staffe $\phi 10$;
- Dimensione massima degli aggregati: $D_{max} = 32\text{mm}$;
- Vita nominale di progetto della struttura: 50 anni;

- Classe strutturale dell'elemento in esame è S4.

Copriferro minimo per aderenza (Tabella 1):

$$c_{\min,b} = 20 \text{ mm}$$

Copriferro minimo per durabilità (Tabella 2):

$$c_{\min,dur} = 25 \text{ mm}$$

Coefficienti correttivi per durabilità:

$$\Delta_{c_{dur,\gamma}} = 0 \quad ; \quad \Delta_{c_{dur,st}} = 0 \quad ; \quad \Delta_{c_{dur,add}} = 0$$

Copriferro minimo:

$$c_{\min} = \max (c_{\min,b}; c_{\min,dur} + \Delta_{c_{dur,\gamma}} - \Delta_{c_{dur,st}} - \Delta_{c_{dur,add}}; 10 \text{ mm}) = 25 \text{ mm}$$

Tolleranza esecutiva:

$$\Delta_{c_{dev}} = 10 \text{ mm}$$

Copriferro nominale:

$$c_{NOM} = c_{\min} + \Delta_{c_{dev}} = 25 + 10 = 35 \text{ mm}$$

Struttura in elevazione:

- Classe di esposizione XC1;
- Calcestruzzo con classe di resistenza C28/35;
- Barre longitudinali di armatura max $\phi 20$ e staffe $\phi 10$;
- Dimensione massima degli aggregati: $D_{\max} = 32 \text{ mm}$;
- Vita nominale di progetto della struttura: 50 anni;
- Classe strutturale dell'elemento in esame è S4.

Copriferro minimo per aderenza (Tabella 1):

$$c_{\min,b} = 20 \text{ mm}$$

Copriferro minimo per durabilità (Tabella 2):

$$c_{\min,dur} = 15 \text{ mm}$$

Coefficienti correttivi per durabilità:

$$\Delta_{c_{dur,\gamma}} = 0 \quad ; \quad \Delta_{c_{dur,st}} = 0 \quad ; \quad \Delta_{c_{dur,add}} = 0$$

Copriferro minimo:

$$c_{\min} = \max (c_{\min,b}; c_{\min,dur} + \Delta_{c_{dur,\gamma}} - \Delta_{c_{dur,st}} - \Delta_{c_{dur,add}}; 10 \text{ mm}) = 20 \text{ mm}$$

Tolleranza esecutiva:

$$\Delta_{c_{dev}} = 10 \text{ mm}$$

Copriferro nominale:

$$c_{NOM} = c_{\min} + \Delta_{c_{dev}} = 20 + 10 = 30 \text{ mm}$$

2.2.10 Riepilogo parametri meccanici

Il calcestruzzo armato adottato per gli interventi di adeguamento presenta le seguenti caratteristiche:

Classe	R_{ck} (MPa)	f_{ck} (MPa)	γ (kg/m ³)	E_c (MPa)	γ (kN/m ³)
C28/35	35	28	2500	32373	25

2.3 ACCIAIO DA CALCESTRUZZO

A seguire si riportano informazioni circa le caratteristiche dell'acciaio da utilizzare in barre d'armatura ed in reti elettrosaldate negli elementi principali in c.a.

2.3.1 Riferimenti

- D.M. 17.01.2018, par. 11.3.2
- UNI EN ISO 15630-1: 2010
- UNI EN 10080:2005

2.3.2 Caratteristiche meccaniche adottate

Acciaio per c.a. B450C	
f_{yk} tensione nominale di snervamento:	$\geq 4580 \text{ kg/cm}^2 (\geq 450 \text{ MPa})$
f_{tk} tensione nominale di rottura:	$\geq 5500 \text{ kg/cm}^2 (\geq 540 \text{ MPa})$
f_{td} tensione di progetto a rottura:	$f_{yk} / \gamma_s = f_{yk} / 1.15 = 3980 \text{ kg/cm}^2 (= 391 \text{ MPa})$

Tabella 12 – Caratteristiche meccaniche acciaio per armature.

2.3.3 Prescrizioni

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili qualificati secondo le procedure di cui al precedente § 11.3.1.2 delle NTC 2018 e controllati con le modalità riportate nel § 11.3.2.11 delle NTC 2018.

Le caratteristiche dell'acciaio dovranno rispettare i seguenti requisiti:

Caratteristiche		Requisiti	Frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	$\geq f_{y \text{ nom}}$	5.0
Tensione caratteristica a carico massimo	f_{tk}	$\geq f_{t \text{ nom}}$	5.0
	$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$	10.0
		$< 1,35$	
	$(f_y/f_{y \text{ nom}})_k$	$\leq 1,25$	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	

Tabella 13– NTC 2018 par. 11.3.2.1 tabella 11.3.Ib.

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche vale quanto indicato al § 11.3.2.3 delle NTC2018. Inoltre sono consentiti:

- Diametro delle barre: $6 \leq \phi \leq 40$ mm;
- l'uso di acciai forniti in rotoli per diametri ≤ 16 mm.

È ammesso l'uso di acciai zincati purché le caratteristiche fisiche, meccaniche e tecnologiche siano conformi alle prescrizioni relative agli acciai B450C e B450A. Il materiale base da sottoporre a zincatura deve essere qualificato all'origine.

I controlli di accettazione in cantiere e la relativa verifica di quanto sopra indicato, devono essere effettuati sul prodotto finito, dopo il procedimento di zincatura, presso un laboratorio di cui all'articolo 59 del DPR 380/2001, secondo quanto previsto al §11.3.2.12.

In ogni caso occorre verificare le caratteristiche di aderenza del prodotto finito secondo le procedure indicate per i Centri di trasformazione di prodotti per costruzioni di calcestruzzo armato.

Per le modalità di controllo del rivestimento di zinco (qualità superficiale, adesione del rivestimento, massa di rivestimento per unità di superficie) e quale utile guida per la scelta dei quantitativi minimi di zinco, si può fare riferimento alle norme UNI EN 10622 ed UNI EN ISO 1461.

2.3.4 Riepilogo parametri meccanici

- | | |
|--|------------------------------------|
| • Denominazione | B450C |
| • Resistenza caratteristica a trazione | $f_{yk} = 450.00$ MPa |
| • Modulo di elasticità normale | $E_s = 210000$ MPa |
| • Peso specifico | $\gamma = 78.50$ kN/m ³ |
| • Coefficiente parziale di sicurezza | $\gamma_s = 1.15$ |

2.4 FISSAGGIO CHIMICO A BASE DI RESINA EPOSSIDICA PER INGHISAGGI

Si prevede l'uso di un fissaggio chimico a base di resina epossidica da utilizzare per il riempimento dei fori d'inghissaggio e/o ancoraggio realizzati durante gli interventi di adeguamento sismico. Tali interventi hanno come obiettivo quello di solidarizzare gli elementi di nuova progettazione con quelli esistenti, al fine di rendere monolitico il comportamento degli stessi.

Sono adesivi per il fissaggio chimico di barre metalliche entro fori praticati nei materiali edili. È un prodotto a 2 componenti a base di resina epossidica pura senza solventi. Specificatamente formulato per il fissaggio di elementi di acciaio e acciaio zincato, filettati e ad aderenza migliorata, con trasmissione di carichi strutturali a supporti pieni quali calcestruzzo, calcestruzzo alleggerito, pietra, legno, muratura compatta. Specifico anche per il fissaggio di barre metalliche in zona tesa o compressa, in calcestruzzo fessurato o non fessurato, anche in presenza di rischio sismico. Ideale anche per fissaggi adiacenti ai bordi o con limitato interasse, grazie all'assenza di tensioni tipiche dei fissaggi meccanici a espansione.

Resistenza a compressione (EN 196-1) (N/mm ²):	120
Resistenza a flessione (EN 196-1) (N/mm ²):	42
Modulo elastico (EN 196-1) (N/mm ²):	10.080
Resistenza agli UV:	buona
Resistenza chimica:	eccellente
Resistenza all'acqua (EN 12390-8):	eccellente

Temperatura d'esercizio:	da -40°C a +72°C
Isolamento elettrico (IEC 93):	1,2x10 ¹² Ω m
Conducibilità termica (IEC 60093):	0,47 W/m·k

2.5 ACCIAIO INOX PER CUCITURE ATTIVE

La realizzazione del sistema a marchio CAM prevede l'utilizzo di un sistema di tirantature realizzate con cuciture (staffe) metalliche strutturali presollecitate in nastro di acciaio inossidabile UNI-EN 10088-4, larghezza 19 mm spessore 0,9 mm. Le caratteristiche dei materiali costituenti i diversi componenti adottati sono di seguito elencate:

- Nastri in Acciaio inox C1000

- $f_{tk} = 1000.00$ MPa tensione caratteristica di rottura
- $f_{yk} > 700.00$ MPa tensione caratteristica di snervamento
- $f_{yd} = 560.00$ MPa tensione caratteristica di snervamento di calcolo
- spessore 0.9 mm e larghezza 19 mm
- resistenze a snervamento $f_{yk} \geq 700$ N/mm² e a rottura $f_{tk} \geq 1000$ N/mm²
- allungamento a rottura almeno pari al 15%.

- Piastra imbutita zincata

Secondo la normativa UNI EN 10025-2 sigla S235JR

- spessore 4 mm e dimensioni 125x125mm (ove necessario i pezzi saranno di dimensione personalizzata)
- resistenze a snervamento $f_{yk} \geq 235$ N/mm² e a rottura $f_{tk} \geq 360$ N/mm²
- allungamento a rottura almeno pari al 24%.

- Angolare zincato

Secondo la normativa UNI EN 10025-2 sigla S355JR

- spessore 6/8/10 mm (ove necessario di spessore opportuno)
- resistenze a snervamento $f_{yk} \geq 275$ N/mm² e a rottura $f_{tk} \geq 430$ N/mm²
- allungamento a rottura almeno pari al 24%.

- Sigillo

Secondo la normativa UNI EN 10088-4 sigla inox AISI 301

- dimensioni 45x0.90mm

2.6 BLOCCHI IN LATERIZIO FORATO TAMPONATURE ESTERNE

Le tamponature esterne e le tramezzature interne saranno tutte realizzate con blocchi in laterizio comune posati a fori orizzontali, legati con giunti orizzontali e verticali continui con malta di Classe uguale o superiore ad M 2,5. I blocchi di laterizio forato saranno marcati CE in cat I S.A.C. 2+ secondo UNI EN 771-1 ed avranno:

- dimensione cm 8-12 x cm 25 e altezza cm 25 per le tramezzature e cm 30 x cm 25 ed altezza cm 25;
- percentuale di foratura inferiore al 45%;

- massa volumica apparente: 592 kg/m³;
- peso medio: 3,7 kg; conducibilità
- termica equivalente $\lambda = 0,255$ W/mK (UNI EN 1745 – λ_{10} , dry materiale allo stato secco);
- resistenza media alla compressione normale alla faccia di base pari maggiore a 5,0 N/mm².

In particolare, la conducibilità equivalente del singolo blocco sarà determinata attraverso il calcolo previsto dalla norma UNI EN 1745:2012 basato sul valore di conduttività previsto dal Prospetto A1 dell'Appendice A della norma UNI EN 1745:2012 in funzione della massa volumica della materia prima utilizzata o su valore sperimentale ottenuto sulle argille impiegate dello stabilimento di produzione, secondo le metodiche e la frequenza di prova previste dalla citata norma. Tutte le caratteristiche dichiarate saranno documentate mediante la attestazione prevista ai fini della marcatura CE, con indicazione dell'Ente Certificatore e del numero del certificato se prodotti in regime di controllo 2+. L'intera parete, invece, sarà caratterizzata da valori della conducibilità termica equivalente (UNI EN 1745) λ pari a 0,310 W/mK; massa volumica apparente (riferita alla parete priva di intonaco) pari a 791 kg/m³; calore specifico (UNI EN 1745) c_p pari a 1000 J/kgK; resistenza alla diffusione del vapore (UNI EN 1745) $\mu = 10$. Per lo stoccaggio in cantiere dei blocchi, dovrà prevedersi un'apposita area piana ed orizzontale, evitando di poggiare il materiale direttamente sul terreno, per evitare il contatto con sostanze (erba, scorie, detriti, ecc.) che potrebbero causare difetti nella muratura. Prima della posa in opera bisognerà bagnare gli elementi. La bagnatura dovrà saturare completamente ogni blocco senza che l'acqua ristagni sulla sua superficie e dovrà tener conto del grado di assorbimento d'acqua degli elementi. È assolutamente da evitare il tentativo di compensare l'insufficiente bagnatura del laterizio con un eccesso d'acqua nell'impasto della malta. I giunti verticali devono essere sempre opportunamente sfalsati. Per quanto riguarda infine la realizzazione dei giunti di malta, lo sfalsamento minimo S dei giunti verticali potrà essere ricavato come di seguito descritto: $S \geq 0,4$ h $\geq 4,5$ cm. La sovrapposizione (sfalsamento) S deve quindi essere maggiore di 0,4 volte l'altezza dell'elemento (h) e comunque sempre maggiore di 4,5 cm.

2.7 GIUNTI SISMICI

Sistema di giunzione a pavimento per giunti fino a 300 mm soggetti a movimenti fino a +/-60 mm. Il sistema è realizzato mediante carrello centrale rigido in alluminio zigrinato antiscivolo a vista e doppia guarnizione laterale in gomma ad alta resistenza ai carichi verticali. L'altezza particolarmente ridotta permette di collocarlo sullo stesso piano di posa della pavimentazione adiacente.

Caratteristiche principali:

- Sezione rettangolare priva di alette laterali;
- Assenza di viti in vista;
- Lunghezza barre 4 m;
- Fissaggio autofilettante L=50/60 mm;
- Guarnizioni di colore nero;
- Superficie di transito liscia.

3 CONCLUSIONI

Il presente progetto, redatto nel rispetto delle normative tecniche vigenti, è stato calibrato sulla base dei molteplici aspetti sia di natura architettonica-strutturale che amministrativo-procedurale. In particolare sono stati considerati fattori imprescindibili i seguenti punti:

- Corrispondenza alle aspettative dell'utenza;
- Limiti di spesa;
- Conservazione della qualità estetica del costruito;
- Facilità di intervento nelle operazioni di manutenzione straordinarie dovute all'inevitabile degrado nel tempo dei materiali utilizzati;
- Sicurezza e massima fruibilità delle aree.

Inoltre, gli interventi progettati soddisfano i requisiti richiesti dalle Norme tecniche delle costruzioni del 2018 e garantiscono l'adeguamento sismico del complesso strutturale con un livello di sicurezza pari a quello di una nuova costruzione.

Napoli, 24 marzo 2023

Il Progettista

