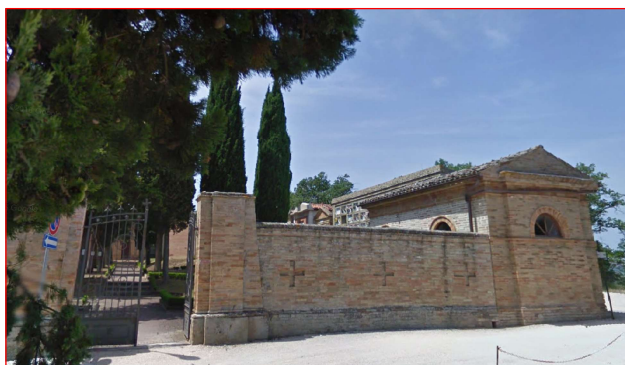




Amministrazione Comunale di Massa Fermana

Comune di Massa Fermana (FM)

**AMPLIAMENTO CIVICO CIMITERO
PRIMO STRALCIO
VIA MONTE STALIO - LOC. MADONNETTA**



PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

PROGETTO STRUTTURALE

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA E SUI MATERIALI

Progettisti :

- ARCH. CLAUDIO AGOSTINELLI

- ING. ANDREA SCHIAVONI

Collaboratore:

-ING. FEDERICO SABBATINI

FASC. N.

01-ST-RT

DATA

Luglio 2018

SOMMARIO

STRALCIO FOTOGRAMMETRICO	2
RELAZIONE TECNICA.....	2
1. Descrizione generale dell'opera	3
2. Normative di riferimento	6
3. Criteri per la misura della sicurezza.....	7
4. Criteri alla base della schematizzazione strutturale	7
5. Metodologia di calcolo	8
6. Azioni agenti e loro combinazioni.....	8
7. Pericolosità sismica	10
8. Caratterizzazione del sito di costruzione e del terreno di fondazione	11
9. Azioni Ambientali e naturali.....	12
10. Carichi agenti sulle strutture – Analisi dei carichi.....	17
11. RELAZIONE SUI MATERIALI – Materiali e Resistenze di calcolo	19
CEMENTO ARMATO.....	19
ACCIAIO per C.A.....	28
12. Prestazioni attese al collaudo	29
13. Software di calcolo	29

STRALCIO FOTOGRAMMETRICO

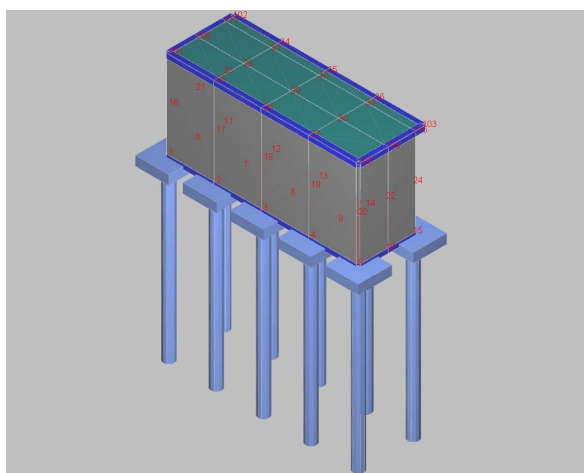


RELAZIONE TECNICA

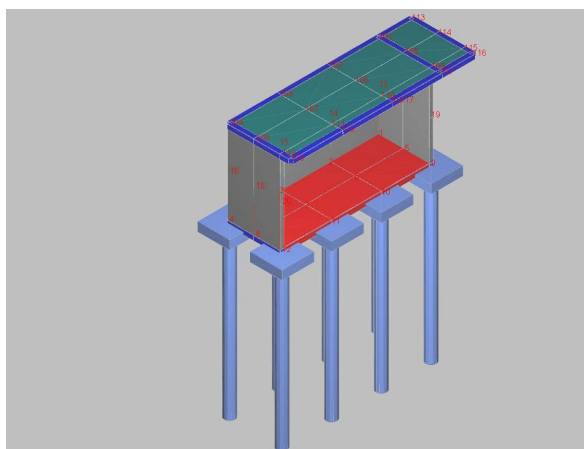
1. Descrizione generale dell'opera

L'intervento oggetto consiste nella realizzazione dell'ampliamento del Cimitero Civico di Massa Fermana con la realizzazione di due manufatti per loculi denominati rispettivamente blocco A e B e di uno stralcio di un manufatto destinato a cappelline votive a schiera denominato lotto C .

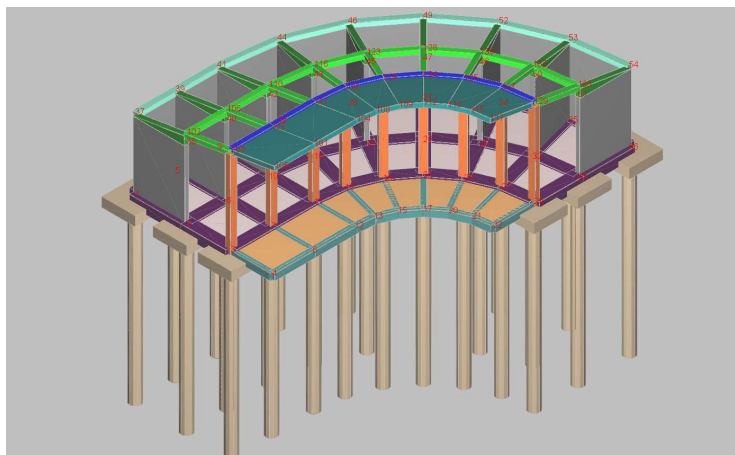
I manufatti da un punto di vista strutturale sono indipendenti: i due manufatti A e B sono connessi da un elemento di copertura leggero che verrà dotato su di un lato di appoggio scorrevole per trasmettere carichi verticali (si segnala che comunque il carico trasmesso è del tutto trascurabile) . Dimensioni lotto A dimensioni 10.60 x 3.20 ed altezza di m 4,60 circa con aggetto in copertura di m 2,00 , il manufatto B m 8.80 x m 3.20 ed la tezza di m 4,60 Il manufatto C invece presenta la realizzazione di n. 8 edicole : il primo stralcio prevede la costruzioni di n.2 edicole (viene prodotto il calcolo complessivo con le verifiche per il progetto generale e le verifiche di quello in stralcio) .



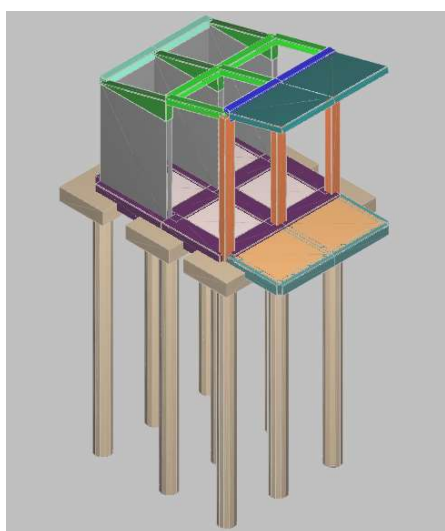
CORPO A



CORPO B



CORPO C GENERALE

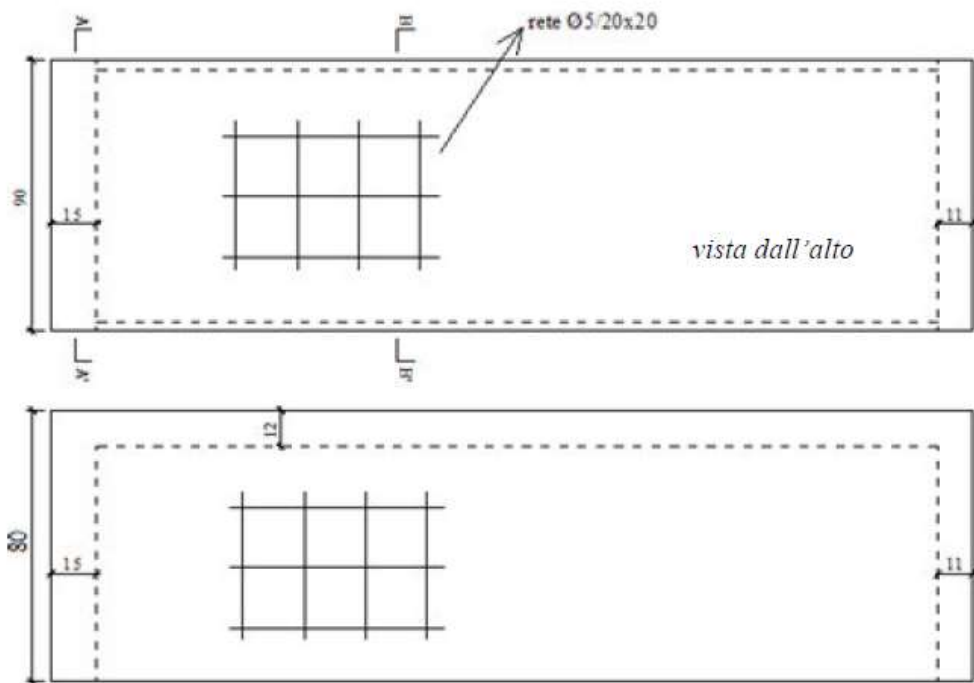


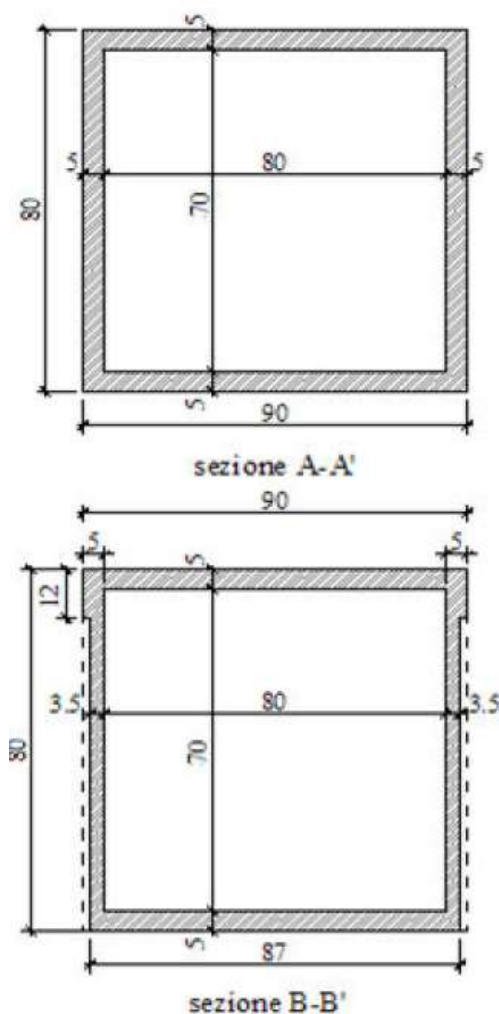
CORPO C 1 LOTTO

Le fondazioni sono del tipo indiretto su pali su soletta in c.a., i pali sono collegati da trave in c.a. 50 x 70.

I loculi cimiteriali previsti sono composti da moduli prefabbricati in c.a. I singoli moduli, realizzati interamente in stabilimento ed assemblati in cantiere, dovranno essere incastrati sia tra di loro che sulla fondazione a mezzo di opportuni mezzi di connessione in modo da garantire la resistenza ai carichi verticale ed orizzontali presentando un comportamento strutturale scatolare. si rimanda al Prefabbricatore per il calcolo dei singoli moduli e per il deposito presso gli enti preposti del progetto esecutivo di dette opere. Il sottoscritto ha recepito gli scarichi delle strutture ed ha modellato il blocco come peso applicato alla platea in modo da verificarne il comportamento globale.

Si assume come loculo tipo l'elemento sotto riportato assumendo un peso G1 di circa 10,73 kN e G2 2,50 kN





2. Normative di riferimento

Il progetto viene redatto nel rispetto delle Norme contenute in:

- Legge n. 1086 del 5 novembre 1971.
- Legge n. 64 del 2 febbraio 1974.
- D.Lgs. 06/06/2001 n. 380 'Testo Unico per l'Edilizia'
- Legge 17/07/2004 n. 186
- D.M. 14/01/2008 'Norme Tecniche per le Costruzioni'
- D.M. 17/01/2018 Aggiornamento delle " 'Norme Tecniche per le Costruzioni' "
- OPCM 3274 del 20/03/2003 e s.m.i
- DPR 803/1975

Le verifiche strutturali e l'esecuzione pratica dei singoli elementi strutturali vengono eseguite in conformità a quanto previsto nel D.M. 17/01/2018 'Norme Tecniche per le Costruzioni'.

3. Criteri per la misura della sicurezza

La sicurezza della struttura viene misurata, secondo quanto riportato nel D.M. 17/01/2018 'Norme Tecniche per le Costruzioni', di cui al punto (§2.3) e verificando che la resistenza di ogni elemento strutturale sia superiore agli effetti indotti su di esso dalle azioni di calcolo, La struttura in esame è stata progettata comportamento strutturale non-dissipativo con valore $q=1.00$.

In particolare, gli stati limite considerati sono quelli di seguito segnati (§2.2.1 – §2.2.2):

Stati limite ultimi (statici e/o sismici):

- ☒ spostamenti o deformazioni eccessive;
- ☒ raggiungimento della massima capacità di resistenza di parti di strutture, collegamenti, fondazioni;
- ☒ raggiungimento della massima capacità di resistenza della struttura nel suo insieme;
- ☒ raggiungimento della massima capacità di resistenza dei terreni;
- ☒ instabilità di parti della struttura o del suo insieme;

Stati limite di esercizio (statici e/o sismici):

- ☒ danneggiamenti locali (ad es. fessurazione del calcestruzzo) che possono ridurre la durabilità della struttura, la sua efficienza o il suo aspetto;
- ☒ eccessive deformazioni e distorsioni che possono limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza e il suo aspetto;
- ☒ spostamenti e deformazioni che possono compromettere l'efficienza e l'aspetto di elementi non strutturali, impianti, macchinari;

Per la definizione degli stati limite sopra riportati, per la struttura in oggetto, si utilizzano i seguenti parametri:

- | | |
|---|-------------------|
| 1. Vita nominale della struttura (§2.4.1): | $V_N = 50$ anni ; |
| 2. Classe d'uso della struttura (§2.4.2): | Classe II ; |
| 3. Coefficiente d'uso (§2.4.3): | $C_U = 1,0$; |
| 4. Periodo di riferimento dell'azione sismica (§2.4.3): | $V_R = 50$ anni ; |
| 5. Categoria del suolo di fondazione (§3.2.2): | B |

4. Criteri alla base della schematizzazione strutturale

Manufatti edilizi : la struttura in elevazione viene concepita come un modello spaziale 3D, in quanto questo tipo di schema permette di valutare nel modo più appropriato possibile il comportamento globale della costruzione, sottoposto a un'analisi statica e modale senza condensazione di piano, con un' analisi spettrale via vettori di Ritz con uno smorzamento percentuale del 5%.

Schema strutturale:	modello spaziale tridimensionale
Elementi resistenti in elevazione:	Setti in c.a. , pilastri in c.a. e travi in c.a.
Tramezzi:	assenti
Vincoli alla base:	Libero su pali

5. Metodologia di calcolo

Viene condotta un'analisi della struttura in campo dinamico per via *modale* facendo uso, dello spettro di risposta fornito dalla normativa.

Vengono calcolati i modi di vibrare della struttura facendo uso dell'algoritmo noto in letteratura tecnica come *Subspace Iteration* o, in alternativa con il metodo dei vettoti di Ritz coinvolgendo comunque una percentuale di massa modale eccitata maggiore dell'85% della massa modale totale (come indicato nel §7.3.3.1 del D.M. 17.01.18 – Analisi lineare dinamica).

6. Azioni agenti e loro combinazioni

Classificazione delle azioni secondo la variazione della loro intensità nel tempo:

- Permanenti (G): azioni che agiscono durante tutta la vita nominale della costruzione;
- Variabili (Q): azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi tra loro nel tempo;
- Eccezionali (A): azioni che si verificano solo eccezionalmente nel corso della vita nominale della struttura;
- Sismiche (E): azioni derivanti dai terremoti.

Caratterizzazione delle azioni elementari:

- Q_k : Valore caratteristico dell'azione variabile (frattile pari al 95%);
- $\psi_1 Q_k$: Valore frequente dell'azione (valore corrispondente al frattile 95% della distribuzione temporale dell'intensità);
- $\psi_2 Q_k$: Valore quasi-permanente dell'azione (media della distribuzione temporale dell'intensità);

- $\psi_0 Q_k$: Valore raro (o di combinazione) dell'azione (valore di durata breve ma ancora significative nei riguardi di una possibile concomitanza con le altre azioni).

Combinazione delle azioni:

- **SLU – Combinazione fondamentale**

$$E_d = \gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \dots + \gamma_{Q1} Q_{1k} + \sum_{i=2,n} (\gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_{ki})$$

- **SLE – Combinazione rara**

$$E_d = G_1 + G_2 + \dots + Q_{1k} + \sum_{i=2,n} (\psi_{0i} Q_{ki})$$

- **SLE – Combinazione frequente**

$$E_d = G_1 + G_2 + \dots + \psi_{11} Q_{1k} + \sum_{i=2,n} (\psi_{2i} Q_{ki})$$

- **SLE – Combinazione quasi permanente**

$$E_d = G_1 + G_2 + \dots + \sum_{i=2,n} (\psi_{2i} Q_{ki})$$

- **SLU e SLD – Combinazioni sismiche**

$$E_d = E + G_1 + G_2 + \dots + \sum_i (\psi_{2i} \gamma_{Qi} Q_{ki})$$

I valori dei coefficienti di combinazione sono di seguito riportati:

Tabella 2.5.I

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0i}	Ψ_{1i}	Ψ_{2i}
Categoria A: Ambienti ad uso residenziale	0.7	0.5	0.3
Categoria B: Uffici	0.7	0.5	0.3
Categoria C: Ambienti suscettibili di affollamento	0.7	0.7	0.6
Categoria D: Ambienti ad uso commerciale	0.7	0.7	0.6
Categoria E: Aree per immagazzinamento uso commerciale ed industriale Biblioteche, archivi,, magazzini e ambienti ad uso industriale	1.0	0.9	0.8
Categoria F: Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0.7	0.7	0.6
Categoria G: Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0.7	0.5	0.3
Categoria H: Coperture accessibili per sola manutenzione	0.0	0.0	0.0
Categoria I – Coperture praticabili	Da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti eliporti ..)			
Vento	0.6	0.2	0.0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0.5	0.2	0.0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0.7	0.5	0.2
Variazioni termiche	0.6	0.5	0.0

Tabella 2.6.I

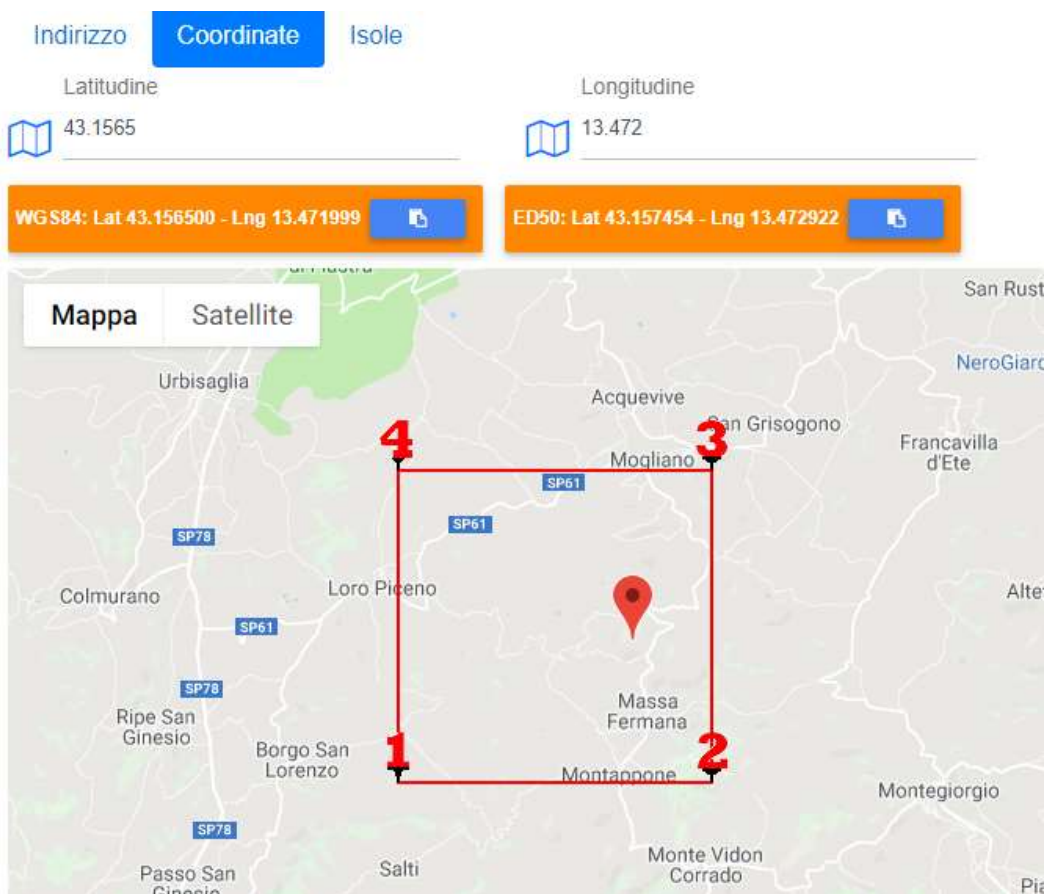
		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti G1	Favorevoli	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevoli		1.1	1.3	1.0
Carichi permanenti non strutturali G2(1)	Favorevoli	γ_{G2}	0.8	0.8	0.8
	Sfavorevoli		1.5	1.5	1.3
Carichi variabili Q	Favorevoli	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevoli		1.5	1.5	1.3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.


Per le condizioni e combinazioni di carico si rimanda alla relazione di calcolo.

7. Pericolosità sismica


Definizione della pericolosità sismica di base secondo le NTC 2008 tramite una griglia regolare che copre tutto il territorio nazionale. Nei nodi della griglia l'INGV ha calcolato l'accelerazione sismica massima attesa, sulla base di quest'ultima vengono calcolati i parametri di pericolosità sismica:




Stati limite

 Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

 Vita Nominale 50

 Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_o	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.052	2.416	0.276
Danno (SLD)	50	0.066	2.432	0.291
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.182	2.460	0.320
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.240	2.482	0.326
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

8. Caratterizzazione del sito di costruzione e del terreno di fondazione

Dati generali

Latitudine: 43.1565
 Longitudine: 13.472
 Classe d'uso: Classe II
 Vita nominale: 50,0 [anni]
 Vita di riferimento: 50,0 [anni]

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
 Categoria topografica: T1

9. Azioni Ambientali e naturali

a) Azione del sisma – §3.2.3 D.M. 17/01/2018 ‘Norme Tecniche per le Costruzioni’

L'azione sismica di progetto è funzione della zona sismica a cui appartiene il sito a cui viene assegnata una determinata accelerazione orizzontale massima convenzionale al suolo di categoria B.

Le azioni di calcolo sono quattro in funzione dello Stato Limite (§3.2.3 .1) :

- STATI LIMITE DI ESERCIZIO:
 1. Stato limite di operatività (SLO): $P_{Vr} = 81\%$;
 2. Stato limite di danno (SLD): $P_{Vr} = 63\%$;
- STATI LIMITE DI ESERCIZIO:
 3. Stato limite di salvaguardia della vita (SLV): $P_{Vr} = 10\%$;
 4. Stato limite di prevenzione del collasso (SLC): $P_{Vr} = 5\%$;

Le verifiche di sicurezza da effettuare sono riepilogate in funzione della Classe d'uso nella successiva Tab. 7.3.III,

Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM ^(*)
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT ^(**)			DUT ^(**)		

^(*) Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.

^(**) Nei casi esplicitamente indicati dalle presenti norme.

L'azione di calcolo viene dedotta da uno spettro di risposta normalizzato che fornisce l'accelerazione da applicare alle masse $G_k + \sum_i (\psi_{2i} Q_{ki})$ relative ai carichi gravitazionali presenti sulla struttura.

Il D.M. 17/01/2018 ‘Norme Tecniche per le Costruzioni’ fornisce le relazioni matematiche per la definizione degli spettri di risposta elastici e di progetto che variano a seconda degli Stati Limite considerati. Essi sono funzione del periodo T dell'oscillatore semplice.

Vediamo di seguito i parametri per la definizione degli spettri sismici di riferimento.

Il D.M. 17/01/2018 fornisce diverse formule per rappresentare lo spettro di risposta con una struttura del tipo:

$$S_d(T) = F(\text{terreno}) \times F(\text{smorzamento}) \times a_g$$

dove $S_d(T)$ sta a significare che il valore dello spettro è funzione del periodo (quindi del tempo) espresso in secondi ed è dato dal prodotto di 3 diversi fattori:

- Il fattore intensità del sisma, rappresentato da a_g (accelerazione al suolo); quanto maggiore è l'accelerazione al suolo, tanto maggiore è il valore di $S_d(T)$ e, quindi, delle forze inerziali che nascono.
- Il fattore che dipende dalla stratificazione del terreno di fondazione (S).
- Il fattore di smorzamento ξ ; ogni struttura ha caratteristiche intrinseche in base alle quali il movimento oscillatorio iniziale viene contrastato da uno smorzamento il cui effetto è quello di diminuire sia la durata che l'intensità degli spostamenti.

Gli spettri fondamentali definiti dal D.M. 17/01/2018 sono i seguenti:

Spettro di risposta elastico: tale spettro può essere inteso come lo spettro che bisognerebbe considerare se si volesse mantenere la struttura in campo elastico. I suoi valori sono infatti i più alti, a riflettere il fatto che se si volesse dimensionare la struttura in campo elastico bisognerebbe considerare valori elevati delle forze esterne.

Spettro di risposta allo SLU: tale spettro è quello che bisogna considerare per verificare la struttura e differisce dal precedente per l'introduzione di un concetto importante e innovativo sintetizzato dal fattore di struttura q .

Spettro di risposta allo SLD: tale spettro è ottenuto semplicemente da quello elastico dividendo ogni ordinata per il valore 2,5.

Gli spettri sono costituiti da 4 tratti, ognuno dei quali ha un'espressione matematica diversa. Questi tratti sono delimitati dai valori del periodo T_B , T_C , T_D che sono funzione del terreno, o meglio, della categoria del suolo. Una volta determinato il periodo di oscillazione T della struttura e individuato in che *range* ricade, si ha la relazione che permette di ricavare la sollecitazione $S_d(T)$. Caratteristica principale di tutti gli spettri è che per valori alti del periodo si hanno valori bassi delle forze in gioco, cioè una struttura molto deformabile è soggetta a forze inerziali minori rispetto a una struttura rigida.

Per la individuazione degli spettri si rimanda alla relazione di calcolo.

Fattore di struttura

Il fattore di struttura dipende strettamente dalla duttilità globale dell'edificio e permette di calcolare lo spettro sismico per lo Stato Limite Ultimo. Il valore viene ricavato dalla formula:

$$q = q_0 \times K_R$$

dove

q_0 = coefficiente legato alla tipologia

K_R = fattore dipendente dalla regolarità in altezza

Edificio	Tipologia strutturale	Classe di duttilità	Regolarità in altezza	Fattore di struttura
Edificio	Edificio con struttura in c.a.	CND	NO	1.00

L'impostazione della Norme Tecniche per le Costruzioni prevede che l'edificio possieda, in ogni caso, un'adeguata capacità di dissipare energia in campo non elastico per azioni cicliche ripetute, senza che ciò comporti riduzioni significative della resistenza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali.

La norma prevede tre livelli di Capacità Dissipativa o Classi di Duttilità (CD): alta (CD“A”) , bassa (CD“B”) e Non Dissipativa .

Il seguente progetto è stato sviluppato ipotizzando un comportamento con classe di duttilità non dissipativa, al quale corrisponde un fattore di struttura pari a 1.00

b) Azione della neve – §3.4 D.M. 17/01/2018 ‘Norme Tecniche per le Costruzioni’

Il carico provocato dalla neve sulle coperture è valutato mediante la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i q_{sk} c_E c_t$$

q_{sk}: valore caratteristico di riferimento del carico neve;
 μ_i: coefficiente di forma della copertura;
 c_E: coefficiente di esposizione;
 c_t: coefficiente termico.

VALORE CARATTERISTICO DEL CARICO NEVE AL SUOLO

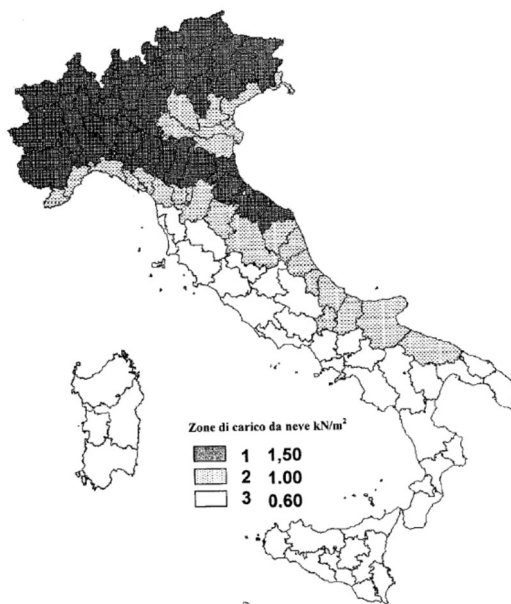
Il carico neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona.

In mancanza di adeguate indagini statistiche e specifici studi locali, che tengano conto sia dell'altezza del manto nevoso che della sua densità, il carico di riferimento neve al suolo, per località poste a quota inferiore a 1500 m sul livello del mare, non dovrà essere assunto minore di quello calcolato in base alle espressioni riportate nel seguito, cui corrispondono valori associati ad un periodo di ritorno pari a 50 anni (vedi Fig. 3.4.1). Va richiamato il fatto che tale zonazione non può tenere conto di aspetti specifici e locali che, se necessario, dovranno essere definiti singolarmente.

L'altitudine di riferimento *a_s* è la quota del suolo sul livello del mare nel sito di realizzazione dell'edificio.

Per altitudini superiori a 1500 m sul livello del mare si dovrà fare riferimento alle condizioni locali di clima e di esposizione utilizzando comunque valori di carico neve non inferiori a quelli previsti per 1500 m.

I valori caratteristici minimi del carico della neve al suolo sono quelli riportati nel seguito.



Zone di carico da neve

▪ **Zona I - Alpina**

Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza:

$$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2 \text{ as} \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 1,39 [1 + (\text{as}/728)^2] \text{ kN/m}^2 \text{ as} > 200 \text{ m} \quad (3.3.8)$$

▪ **Zona I – Mediterranea**

Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese:

$$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2 \text{ as} \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 1,35 [1 + (\text{as}/602)^2] \text{ kN/m}^2 \text{ as} > 200 \text{ m} \quad (3.3.9)$$

▪ **Zona II**

*Arezzo, **Ascoli Piceno**, Bari, Campobasso, Chieti, Ferrara, Firenze, Foggia, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona:*

$$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/m}^2 \text{ as} \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 0,85 [1 + (\text{as}/481)^2] \text{ kN/m}^2 \text{ as} > 200 \text{ m} \quad (3.3.10)$$

▪ **Zona III**

Agrigento, Avellino, Benevento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Frosinone, Grosseto, L'Aquila, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza,

Ragusa, Reggio Calabria, Rieti, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo:

$$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2 \text{ as} \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 0,51 [1 + (as/481)^2] \text{ kN/m}^2 \text{ as} > 200 \text{ m} \quad (3.3.11)$$

COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE

Il coefficiente di esposizione C_E può essere utilizzato per modificare il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Valori consigliati del coefficiente di esposizione per diverse classi di topografia sono forniti in Tab. 3.4.I. Se non diversamente indicato, si assumerà $C_E = 1$.

Topografia	Descrizione	C_E
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

Tabella 3.4.I – Valori di C_E per diverse classi di topografia

COEFFICIENTE TERMICO

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato $C_t = 1$.

CARICO NEVE SULLE COPERTURE

Devono essere considerate le due seguenti principali disposizioni di carico:

- carico da neve depositata in assenza di vento;
- carico da neve depositata in presenza di vento.

AZIONI DELLA NEVE CAP. 3.4. NTC 2018

PRESSIONE DELLA NEVE

CARATTERISTICHE GEOGRAFICHE

Comune	MASSA FERMANA
Altitudine as (slm)	350 m
Zona (1-3)	2 appenninica
opografia del sito	riparata
numero falde	1
angolo di inclinazione falda s	1 gradi
angolo di inclinazione falda d	1 gradi
coefficiente di forma m1(alfa1)	0.800 alfa1
coefficiente di forma m2(alfa2)	0.800 alfa2
Carico neve al suolo qsk	1.30 kN/mq
Coefficiente di esposizione	1.10
Coefficiente termico	1.00
qs, falda 1	1.14 kN/mq
qs, falda 2	1.14 kN/mq



qsk	
1.000 kN/mq	per as <= 200m
1.300 kN/mq	per as > 200m

alfa1	alfa2
m1	m1
0.00	alfa=0
0.80	0 < alfa < 30
0.00	30 < alfa < 60
0.00	alfa > 60
0.80	0.80

area	
battuta dai venti	0.9
normale	1
riparata	1.1

Tabella 3.4.II – Valori del coefficiente di forma

Coefficiente di forma	0° < α < 30°	30° < α < 60°	α > 60°
μi	0.8	0.8 (60-α)/30	0.0

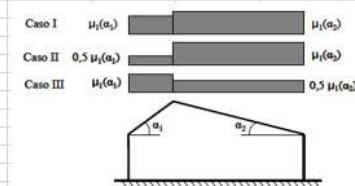


Figura 3.4.3 – Condizioni di carico per coperture a due falde

Tab. 3.4.I – Valori di C_s per diverse classi di esposizione

Topografia	Descrizione	C _s
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non costruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0.9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve nulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1.0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1.1

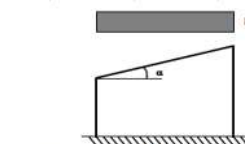


Figura 3.4.2 – Condizioni di carico per coperture ad una falda

Dati
Dati
Formule
Risultati

Q neve pari a 1,14 KN/mq : si assume cautelativamente un carico distribuito di 1,20 KN/mq

Per il loculi (n. 5 in altezza) viene assunto un valore di 30 kN/mq (vedi scheda loculo tipo) sulla soletta di fondazione e carico su soletta di 2,50 kN/mq (rif. D.P.R. 830/1975 e smi).

10. Carichi agenti sulle strutture – Analisi dei carichi

carichi permanenti (tipo G)

1. peso proprio della struttura (G₁);

Oltre ai pesi propri della struttura G₁ automaticamente presi in considerazione dal programma strutturale di calcolo sono stati considerati i seguenti carichi agenti:

2. permanenti (G₂);

- pesi permanenti non strutturali edificio
- pesi permanenti peso loculi

carichi variabili (tipo Q)

3. Sovraccarico loculi

Q_{k1} – (variabile) – $q = 2,50 \text{ kN/m}^2$

4. sovraccarico loggia (cautelativo solo su percorso corpo C)

Q_{k2} – (variabile) – $q = 4,00 \text{ kN/m}^2$

5. sovraccarico dovuto all'azione della neve (copertura)

Q_{k3} – (variabile) – NEVE $q = 1,20 \text{ kN/m}^2$

6. sovraccarico dovuto alla manutenzione

H – (variabile) – $q = 0,50 \text{ kN/m}^2$

1	MODIFICATO		CORPO A- B SOLAIO COPERTURA										AMPLIAMENTO CIMITERO CIVICO					1
2	<input type="checkbox"/> SOLAIO TRAVETTI+PIGNATTE (POS.2-3)		h	x	base	x	peso	/	inter.	=	strutt.	portati		0.250		spessore=	0.200	
3	STRUTTURA	SOLETTA	0.200	x	1.000	x	25.00	/	1.00	=	5.00	-	kN/mq	0.250				
4	PERM. PORTA	MASSETTO	0.040	x	1.000	x	20.00	/	1.00	=	-	0.800	kN/mq					
5	PERM. PORTA	GUAINA IMPERMEABILE	0.010	x	1.000	x	10.00	/	1.00	=	-	0.100	kN/mq					
6	PERM. PORTA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq	0.200				
7	PERM. PORTA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq					
8	PERM. PORTA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq					
9	PERM. PORTA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq	0.150				
10	PERM. PORTA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq					
11	PERM. PORTA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq					
12	TAMPONATUI			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq	0.100				
13	PERM. PORTA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq					
14	PERM. PORTA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq	0.050				
15							TOTALE				=	5.000	0.900	kN/mq	0.050			
16																		
17	Neve: Zona I - Mediterranea < 1000 m slm						H SITO=		350									
18							TOTALE VARIABILI=		1.20	kN/mq				-				

Layer	Height (m)
SOLETTA	0.200
MASSETTO	0.040
GUAINA IMPERMEABILE	0.010
TOTALE	0.250

MODIFICATO	CORPO C SOLAIO COPERTURA										AMPLIAMENTO CIMITERO CIVICO				2	
<input type="checkbox"/> SOLAIO TRAVETTI+PIGNATTE (POS.2-3)		h	x	base	x	peso	/	inter.	=	strutt.	portati			spessore=	0.210	
STRUTTURA	SOLETTA	0.200	x	0.100	x	25.00	/	1.00	=	0.500	-	kN/mq	0.212			
PERM. PORTA	MASSETTO	0.040	x	1.000	x	20.00	/	1.00	=	-	0.800	kN/mq	0.210			
PERM. PORTA	GUAINA IMPERMEABILE	0.010	x	1.000	x	10.00	/	1.00	=	-	0.100	kN/mq	0.210			
PERM. PORTA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq	0.208			
PERM. PORTA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq	0.206			
PERM. PORTA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq	0.206			
PERM. PORTA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq	0.204			
TAMPONATURE			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq	0.204			
TAMPONATURE			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq	0.202			
STRUTTURA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq	0.200			
TAMPONATURE			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq	0.200			
PERM. PORTA			x		x		/	1.00	=	-	-	kN/mq	0.200			
TOTALE										=	0.500	0.900	kN/mq	0.198		
Neve: Zona II < 1000 m slm								H SITO=	350				0.196			
TOTALE VARIABILI=										1.20	kN/mq	0.194				

Layer	Height (m)
SOLETTA	0.200
MASSETTO	0.040
GUAINA IMPERMEABILE	0.010
TOTALE	0.250

N.B. Va aggiunto carico H

carichi da sisma (tipo E)

7. sollecitazione dovuta al sisma orizzontale

vedi relazione di calcolo

11. RELAZIONE SUI MATERIALI – Materiali e Resistenze di calcolo

CEMENTO ARMATO

Calcestruzzi

Riferimenti: D.M. 17.01.2018, 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.

Dosatura dei materiali.

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

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

Qualità dei componenti

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

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

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

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

Prescrizione per inerti

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

Assortimento granulometrico in composizione compresa tra le curve granulometriche sperimentali:

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

Prescrizione per il disarmo

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

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

Provini da prelevarsi in cantiere

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

un prelievo ogni 100 mc

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

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

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

Parametri caratteristici e tensioni limite per il metodo degli stati limite

Tabella riassuntiva per vari R_{ck}

R_{ck}	f_{ck}	f_{cd}	f_{ctm}	u.m.
250	207.5	117.6	10.5	[kg/cm ²]
300	249.0	141.1	11.9	[kg/cm²]
350	290.5	164.6	13.3	[kg/cm ²]
400	332.0	188.1	14.5	[kg/cm ²]
450	373.5	211.6	15.7	[kg/cm ²]
500	415.0	235.2	16.8	[kg/cm ²]

R_{ck}	f_{ck}	f_{cd}	f_{ctm}	u.m.
25	20.75	11.75	1.05	[N/mm ²]
30	24.90	14.11	1.19	[N/mm²]
35	29.05	16.46	1.32	[N/mm ²]
40	33.20	18.81	1.44	[N/mm ²]
45	37.35	21.16	1.56	[N/mm ²]
50	41.50	23.51	1.67	[N/mm ²]

legenda:

- f_{ck} (resistenza cilindrica a compressione);

$$f_{ck} = 0.83 R_{ck};$$

- f_{cd} (resistenza di calcolo a compressione);

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c$$

- f_{ctd} (resistenza di calcolo a trazione);

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c;$$

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

$$f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3} \quad \text{per classi} \leq C50/60$$

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

Valori indicativi di alcune caratteristiche meccaniche dei calcestruzzi impiegati:

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

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

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

Viscosità $\varphi = 1.70$.

DURABILITA' DEL CALCESTRUZZO

4.1.2.2.4.2 delle NTC 2018: **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- 2016** .

4.1.2.2.4.3 delle NTC 2018: **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.

4.1.2.2.4.4 delle NTC 2018: **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	≤ w ₂	ap. fessure	≤ w ₃
		quasi permanente	ap. fessure	≤ w ₁	ap. fessure	≤ w ₂
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	≤ w ₁	ap. fessure	≤ w ₂
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w ₁
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	≤ w ₁
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w ₁

w₁, w₂, w₃ sono definiti al § 4.1.2.2.4.1, il valore di calcolo w_d, è definito al § 4.1.2.2.4.6 delle NTC 2008.

C 4.1.6.1.3 della Circolare 617/09: Copriferro e interferro

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

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

I valori della Tabella C4.1.IV si riferiscono a costruzioni con vita nominale di 50 anni (Tipo 2 secondo la Tabella 2.4.I delle NTC). Per costruzioni con vita nominale di 100 anni (Tipo 3 secondo la citata Tabella 2.4.I)

i valori della Tabella C4.1.IV vanno aumentati di 10 mm. Per classi di resistenza inferiori a C_{min} i valori della tabella sono da aumentare di 5 mm. Per produzioni di elementi sottoposte a controllo di qualità che preveda anche la verifica dei copriferri, i valori della tabella possono essere ridotti di 5 mm.

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

Tabella C4.1.IV Copriferri minimi in mm

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

C_{min} = classe di resistenza minima del calcestruzzo

C_o = classe di resistenza ordinaria del calcestruzzo

I copriferri minimi per l'edificio in oggetto in c.a. , costituito da fondazioni a trave rovescia , setti in c.a. , pilastri travi in c.a. e solette con classe di esposizione XC2, costituita da cls classe C25/30, risultano essere i seguenti :

fondazione c min 40 mm , pilastri c min 35 , setti c min 30 , travi c min 35 , solette c min 30 , pali c min 75 mm

Prospetto classi di esposizione e composizione uni en 206-1 (uni 11104 marzo 2004)

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

1 Assenza di rischio di corrosione o attacco

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

2 Corrosione indotta da carbonatazione

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

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

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

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

4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare

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

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

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

6 Attacco chimico **)

XA1	Ambiente chimicamente 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
------------	---	---	----	------	----	-----

AMPLIAMENTO CIVICO CIMITERO MASSA FERMANA – RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA E SUI MATERIALI

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

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

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

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

Confezionamento

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

Getto

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

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

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

Costipamento

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

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

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

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

Maturazione

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

- bagnare abbondantemente, prima del getto, i blocchi forati dei solai (in modo che il laterizio non sottragga acqua all'impasto), nonché le casseforme, se sono di legno;
- effettuare frequenti e abbondanti spruzzature, dopo il getto, in modo da mantenere, per quanto possibile, il contatto con l'acqua o con un ambiente a elevato contenuto di umidità. Le condizioni migliori per la maturazione sarebbero quelle in cui si ha il contatto diretto del calcestruzzo con l'acqua;

- coprire i getti con materiali (per esempio sabbia, o con la stessa carta dei sacchi di cemento), che restino imbevuti a lungo di acqua e la mantengono a contatto con il calcestruzzo;
- spruzzare i getti con prodotti atti a formare una pellicola protettiva, oppure coprirli con fogli di plastica, che impediscano l'evaporazione dell'acqua contenuta nelle opere in corso di maturazione;
- eseguire getti nelle ore meno calde della giornata, preferibilmente nelle ore serali.

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

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

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

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

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

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

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

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

Disarmo

Il disarmo consiste nella rimozione delle cassetture che hanno contenuto il getto di calcestruzzo durante tutta la fase di maturazione. La decisione di disarmare spetta al Direttore dei Lavori: l'operazione non deve comunque avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all'impiego

della struttura all'atto del disarmo. Inoltre, lo smontaggio della cassetta 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
- cassette di solette di luce modesta: 10 giorni
- puntelli e centine di travi, archi e volte: 24 giorni
- elementi strutturali a sbalzo: 28 giorni

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

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

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

ACCIAIO per C.A.

(Rif. D.M. 17.01.2018, par. 11.3.2)

ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO B450C

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

Tabella 11.3.la e tensione di progetto

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

Tabella 11.3.lb

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
-----------------	-----------	--------------

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

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

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

E' ammesso l'uso di acciai forniti in rotoli per diametri $\leq 16 \text{ mm}$.

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

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

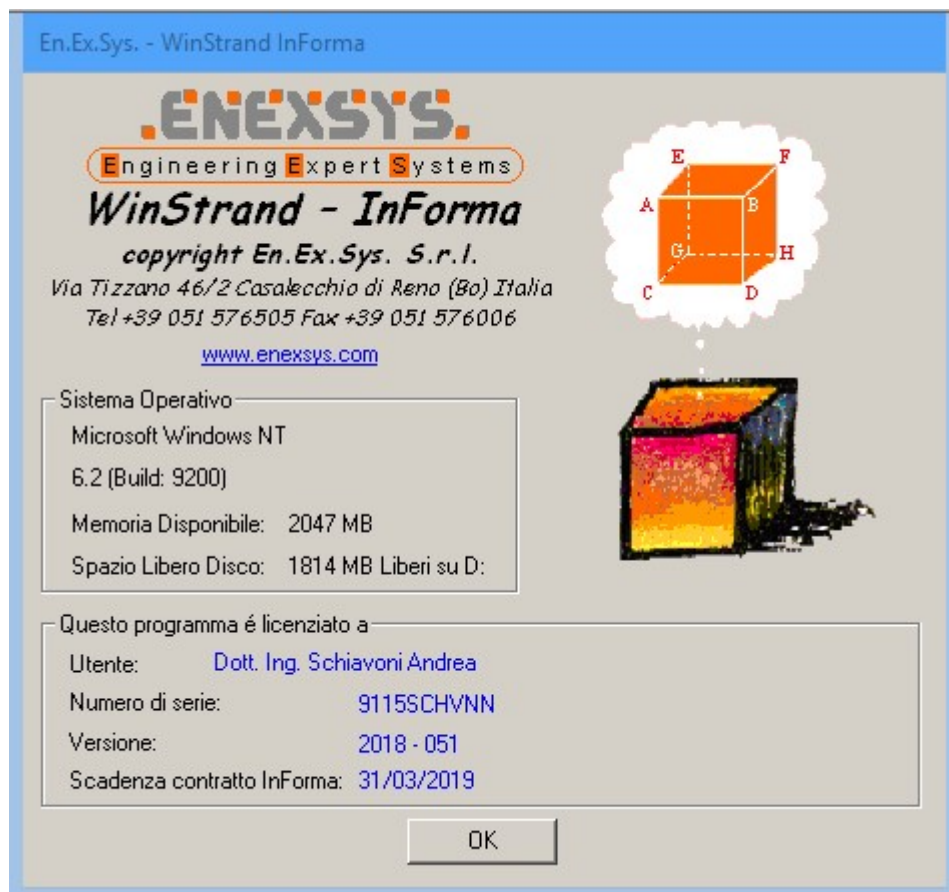
12. Prestazioni attese al collaudo

Lo stato tensionale dei singoli elementi resistenti e le deformazioni strutturali sotto l'azione dei carichi di esercizio dovranno essere prossimi e non superiori ai valori che emergono dall'analisi numerica.

Nel corso della prova non dovranno prodursi lesioni o deformazioni che compromettano la sicurezza o la conservazione dell'opera.

13. Software di calcolo

a) Software di calcolo utilizzato per le strutture in c.a.



En.Ex.Sys. WinStrand

- Structural Analysis & Design

Ditta produttrice:

En.Ex.Sys. s.r.l. - Via Tizzano 46/2 - Casalecchio di Reno (Bologna)

Sigla:

WinStrand

Piattaforma software:

Microsoft Windows XP Home, Microsoft Windows XP Home Professional

Documentazione in uso:

Manuale teorico cartaceo e manuale d'uso cartaceo con aggiornamenti on-line

Campo di applicazione:

Analisi statica e dinamica di strutture in campo elastico lineare.

- Elementi finiti implementati

- Truss.
- Beam (Modellazione di Travi e Pilastr).
- Travi su suolo elastico alla Winckler.
- Plinti su suolo elastico alla Winckler.
- Elementi Shear Wall per la modellazione di pareti di taglio.
- Elementi shell (lastra/piastra) equivalenti.
- Elementi Isoparametrici a 8 Nodi Shell (lastra/piastra).

- Schemi di Carico

- Carichi nodali concentrati.
- Carichi applicati direttamente agli elementi.
- Carichi Superficiali.

- Tipo di Risoluzione

- Analisi statica e/o dinamica in campo lineare con il metodo dell'equilibrio.

- Fattorizzazione LDL^T.
- Analisi Statica:
 - modellazione generale 6 gradi di libertà per nodo.
 - ipotesi di solai infinitamente rigidi nel proprio piano (3 gradi di libertà per nodo + 3 per impalcato).
- Analisi dinamica. (Nel caso di analisi modale gli autovettori ed autovalori possono essere calcolati mediante *subspace iteration* oppure tramite il *metodo dei vettori di Ritz*):
 - Via statica equivalente.
 - Modale con il metodo dello spettro di risposta.

b) Utilizzo e affidabilità dei codici di calcolo

Sono state valutate l'affidabilità dei codici di calcolo e le loro idoneità per lo specifico campo di applicazione, le basi teoriche e gli algoritmi impiegati per il calcolo, nonché le modalità utilizzate dal produttore per la validazione del codice.

Dai risultati emersi dall'elaborazione risulta che questi sono congrui a quelli ottenuti dai calcoli di massima effettuati manualmente in occasione del predimensionamento delle strutture in progetto.