

Studio: Studio Tecnico

Indirizzo: Piazza Citi 7 - 57037 Portoferraio

Progettista: Daniele Brandi

Comune di Porto Azzurro

Cimitero Comunale

Demolizione e ricostruzione di loculi e ossari

Relazione tecnica illustrativa

# **1. Relazione tecnica illustrativa**

La presente relazione si riferisce al progetto strutturale delle opere di seguito descritte inquadrando tale progetto in relazione alle normative citate.

## **1.1. Descrizione generale dell'opera**

### **1.1.1. Caratteristiche della costruzione**

#### **1.1.1.1. Localizzazione**

L'edificio in esame è ubicato nel comune di Porto Azzurro in provincia di Livorno nella regione Toscana. L'edificio in esame verrà costruito a una quota di 30.0 m. s. l. m. m., ad una distanza di circa 1 km dalla costa.

Le coordinate geografiche ED50 del sito di costruzione sono:

Longitudine: 10.40004

Latitudine: 42.77215

#### **1.1.1.2. Descrizione**

Struttura prefabbricata, loculi cimiteriali

Pianta regolare. Fondazioni superficiali realizzate con platea.

#### **1.1.1.3. Dimensioni principali della costruzione**

La costruzione ha dimensioni massime in pianta di 16,00 m per 3,00 m e un'altezza di 3.40 m per un totale di 1.00 piani.

#### **1.1.1.4. Regolarità e duttilità**

La struttura è stata considerata regolare in pianta, regolare in altezza ed ha una classe di duttilità bassa.

## **1.2. Caratteristiche geologiche del sito**

Per quanto attiene le caratteristiche geologiche del sito si fa riferimento alla relazione geologica allegata.

## **1.3. Classe di uso della costruzione e vita utile di servizio**

La costruzione, soggetta ad azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, è definita con una classe d'uso 2 e cioè : Costruzioni ordinarie con una vita nominale di 50.0 anni, un coefficiente di uso di 1.0 e un periodo di riferimento per l'azione sismica pari a  $VR=50.0$ .

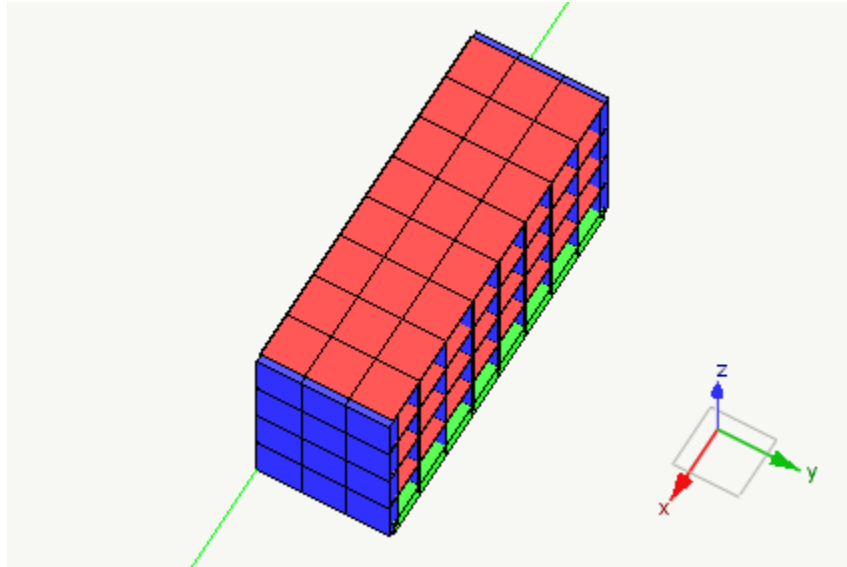
## 2. Concezione strutturale

In questo capitolo sono indicati i criteri che sono stati alla base della concezione strutturale.

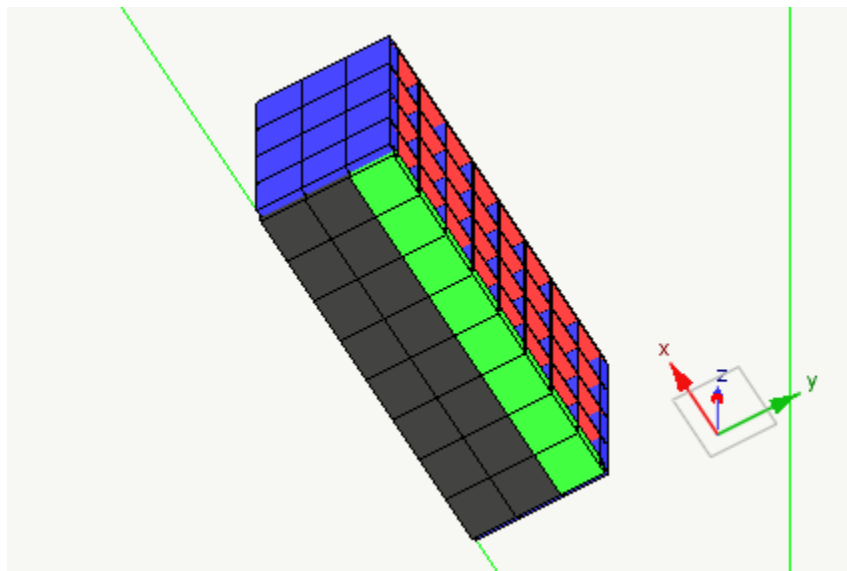
Di seguito si riporta una breve descrizione della struttura.

Struttura ordinaria per edificio destinato acimitero.

Pianta regolare. Fondazioni superficiali realizzate con travi rovesce.



*Vista anteriore*



*Vista posteriore*

### 3. Normative applicate

Le normative prese a riferimento nella stesura della presente relazione sono:

- 1) D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni"
- 2) MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI CIRCOLARE 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. (19A00855) (GU Serie Generale n.35 del 11-02-2019 - Suppl. Ordinario n. 5)

### 4. Unità di misura e simbologia

Nei calcoli della relazione si farà uso di unità di misura congruenti con le unità di misura utilizzate nei programmi di calcolo e verifica utilizzati, nella fattispecie quelle utilizzate nel programma Nòlian:

per i carichi:	kg/cm
per i momenti:	kgxcm
per i tagli e sforzi normali:	kg
per le tensioni:	kg/cm <sup>2</sup>
per gli spostamenti	cm

### 5. Misura della sicurezza

In questo capito sono indicati i criteri adottati per le misure della sicurezza.

#### 5.1. Criteri di calcolo

I calcoli e le verifiche sono condotti con il *criterio semiprobabilistico degli stati limite* secondo i metodi indicati nelle norme indicate nel capitolo Normative Applicate.

#### 5.2. Coefficienti parziali dei carichi

Si riportano i coefficienti di combinazione utilizzati

	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	$\psi_3$
Permanente	1.3	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Permanente non strutt.	1.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sismico SLU	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sismico SLD	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Torcente SLV	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Torcente SLD	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cat. A: Residenziale	1.5	1.0	0.7	0.5	0.3	0.3
Cat. B: Uffici	1.5	1.0	0.7	0.5	0.3	0.3
Cat. C: Affollamento	1.5	1.0	0.7	0.7	0.6	0.6
Cat. D: Commerciale	1.5	1.0	0.7	0.7	0.6	0.6
Cat. E: Magazzini	1.5	1.0	1.0	0.9	0.8	0.8

Cat. F: Rimesse (<30kN)	1.5	1.0	0.7	0.7	0.6	0.6
Cat. G: Rimesse (>30kN)	1.5	1.0	0.7	0.5	0.3	0.3
Cat. H: Copertura	1.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.2
Neve (q<1000)	1.5	1.0	0.5	0.2	0.0	0.2
Neve (q>1000)	1.5	1.0	0.7	0.5	0.2	0.2
Vento	1.5	0.0	0.6	0.2	0.0	0.0
Temperatura	1.5	0.0	0.6	0.5	0.0	0.0
Combinazione	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sismico SLV	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sismico SLO	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sismico SLC	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

dove:

$\gamma_1$  è il coefficiente parziale per i carichi permanenti

$\gamma_2$  è il coefficiente parziale per i carichi permanenti in fase di sisma

$\psi_0$  è il coefficiente parziale per i carichi variabili in caso di combinazione "rara"

$\psi_1$  è il coefficiente parziale per i carichi variabili in caso di combinazione "frequente"

$\psi_2$  è il coefficiente parziale per i carichi variabili in caso di combinazione "quasi permanente"

$\psi_3$  è il coefficiente parziale per i carichi variabili in caso di combinazione con il sisma

### 5.3. Coefficienti parziali dei materiali degli elementi bidimensionali in cemento armato

I coefficienti parziali del calcestruzzo e dell'acciaio per elementi piani (pareti e muri) sono:

Coefficiente di riduzione della resistenza del calcestruzzo  $\gamma_{cc}=1.5$

Coefficiente di riduzione della resistenza dell'acciaio  $\gamma_{as}=1.15$

### 5.4. Coefficienti di combinazione dei carichi permanenti, variabili

Si riporta la Tab. 2.6.1 delle Norme tecniche delle costruzioni. In essa sono contenuti i coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali(1)	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

Carichi variabili	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0 1,5	0,0 1,5	0,0 1,3
(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.					

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

$\gamma_{G1}$  coefficiente parziale del peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno e dell'acqua, quando pertinenti;

$\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

$\gamma_{Qi}$  coefficiente parziale delle azioni variabili.

Nel caso in cui l'azione sia costituita dalla spinta del terreno, per la scelta dei coefficienti parziali di sicurezza valgono le indicazioni riportate nel Cap. 6.

Il coefficiente parziale della precompressione si assume pari a  $\gamma_P = 1,0$ .

## 6. Schematizzazione della struttura

In questo capitolo sono riportati i criteri seguiti nella schematizzazione della struttura, dei vincoli, e delle sconnessioni con particolare attenzione rivolta ai problemi riguardanti l'interazione tra terreno e struttura.

### 6.1. Il modello della struttura

Il modello è costituito da 180 nodi e da 260 elementi.

Nel modello vi sono:

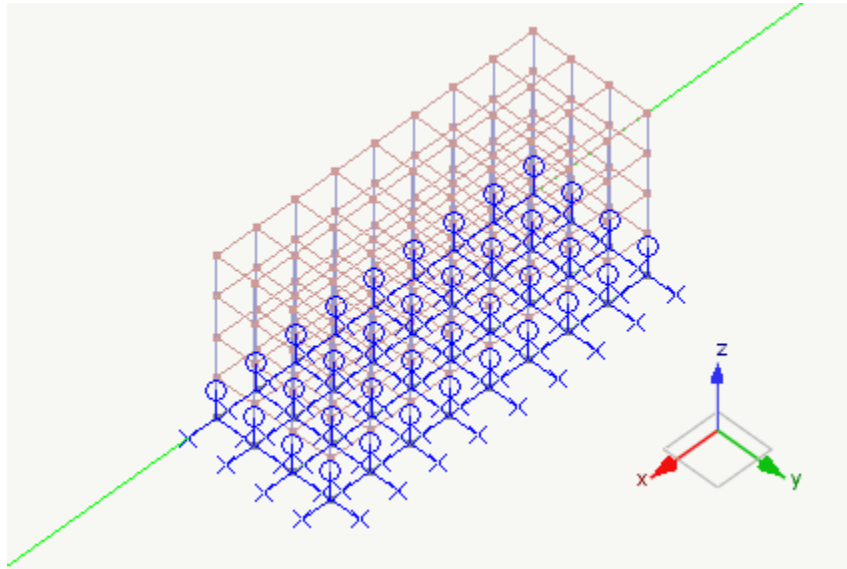
260.0 elementi piani a quattro nodi

Il tipo di elementi impiegati è il seguente:

236.0 elementi lastra-piastra

24.0 elementi piastra su suolo elastico secondo Winkler

I vincoli esterni imposti alla struttura sono riportati nel seguente schema di vincolamento della struttura.



Nella struttura non è stato impiegato il metodo Master-Slave per modellare impalcati rigidi.

## 7. Azioni

In questo capitolo vengono definite le azioni di progetto utilizzate nella struttura.

### 7.1. Carichi permanenti e variabili

#### 7.1.1. Peso proprio della struttura

Il peso proprio della struttura viene calcolato automaticamente in funzione dei pesi specifici di ogni singolo materiale utilizzato e delle dimensioni delle sezioni.

I valori dei pesi specifici utilizzati sono in accordo con la tabella 3.1.I del DM 17/01/2018.

### 7.2. Azione da sisma

#### 7.4.1. Localizzazione geografica

L'edificio sorge nel comune di Porto Azzurro ed ha le seguenti coordinate geografiche:

Latitudine	Longitudine
42.772	10.400

#### 7.2.2. Categoria del sottosuolo

Il sottosuolo è stato classificato di categoria A: Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi.

#### 7.2.3. Categoria topografica

Il sottosuolo è stato classificato di categoria T1: superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i = 15^\circ$ .

#### 7.2.4. Classe di duttilità

La struttura dell'edificio è realizzata con costruzioni in elementi prefabbricati di un piano ed è stata progettata con i criteri specifici della classe di duttilità bassa.

#### 7.2.5. Regolarità della struttura

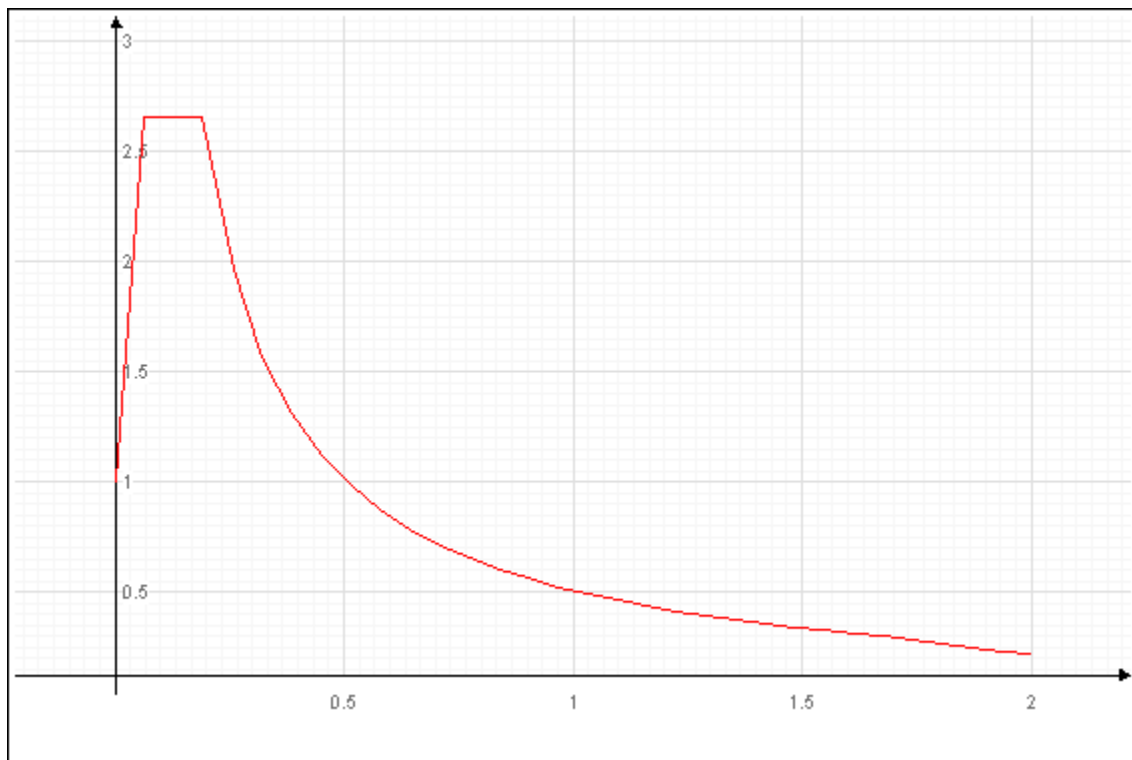
La struttura in esame per le sue particolarità è stata considerata dal progettista, regolare in pianta e regolare in elevazione.

#### 7.2.6. Analisi spettrale

L'analisi spettrale è condotta per le seguenti condizioni dinamiche:

Nome della condizione dinamica	Nome dello spettro	Acc. X	Acc. Y	Acc. Z
Dinamica SLDh X	SLDh	23.376	0.000	0.000
Dinamica SLDh Y	SLDh	0.000	23.376	0.000
Dinamica SLVh X	SLVh	42.298	0.000	0.000
Dinamica SLVh Y	SLVh	0.000	42.298	0.000

Sono stati impiegati i seguenti spettri di risposta:



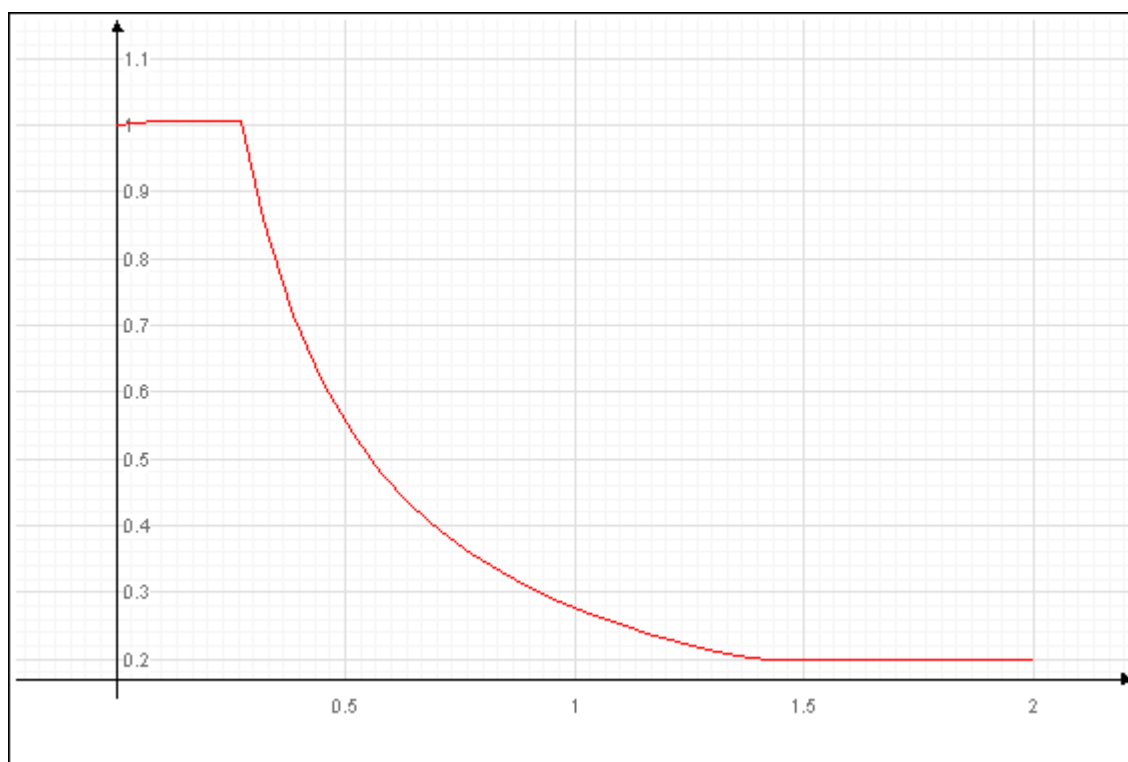
Spettro: SLDh.

I parametri utilizzati per la generazione dello spettro su riportato sono riassunti nella seguente tabella:



Tipo	Ag/g	Tc	Fo	S	Fattore di comportamento q
Stato Limite di Danno	0.024	0.190	2.663	1.000	1.000

dove: Ag/g è la accelerazione parametrica, tc è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, Fo è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, S=Ss\*Sc è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche.



Spettro: SLVh.

I parametri utilizzati per la generazione dello spettro su riportato sono riassunti nella seguente tabella:

Tipo	Ag/g	Tc	Fo	S	Fattore di comportamento q
Stato Limite di salvaguardia della Vita	0.043	0.275	2.822	1.000	2.800

dove: Ag/g è la accelerazione parametrica, tc è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, Fo è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, S=Ss\*Sc è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche.

### 7.3. Azione della neve

L'area oggetto dell'intervento è classificata dalla vigente normativa in zona III ed ha una altezza del suolo  $a_s$  sul

livello del mare pari a 21.000m.

In base a ciò il carico di neve al suolo  $q_{sk}=0.600\text{KN/mq}$ .

Il carico neve sulla copertura  $q_s$  viene determinato come:

$$q_s = \mu * q_{sk} * C_E * C_t$$

in cui  $\mu$  è il coefficiente di forma della copertura, che dipende dall'inclinazione del piano di falda della copertura stessa,  $C_E$  è il coefficiente di esposizione,  $C_t$  è il coefficiente termico.

Nel caso in esame tale angolo è sempre compreso tra  $0^\circ$  e  $30^\circ$  cui corrisponde un valore di  $m$  pari a 0.80.

Per un ambiente con topografia normale si assume  $C_E$  (coefficiente di esposizione) = 1.00

In assenza di specifici studi il coefficiente termico  $C_t = 1.00$

Il carico neve sulla copertura senza tenere conto di particolari analisi di accumulo della neve vale quindi:

$$q_s = 0.80 * 0.600 = 0.480\text{KN/mq}$$

## 7.4. Azioni eccezionali

Vista la concezione strutturale dell'edificio, i materiali e i dettagli costruttivi adottati si ritiene di non dover effettuare verifiche specifiche nei riguardi delle azioni eccezionali quali urto, esplosione e incendio.

## 7.5. Ripartizione dei carichi unitari dei solai

In questa struttura i solai non sono modellati come elementi strutturali. Pertanto i carichi agenti sui solai devono essere attribuiti agli elementi strutturali di competenza. I carichi agenti sui solai sono quindi ripartiti sulle travi sulle quali insistono secondo i casi a giudizio del progettista o con un modello a trave continua o mediante ripartizione per aree di influenza.

## 7.6. Tipizzazione di carichi

Nella seguente tabella si riporta la associazione delle condizioni di carico ai tipi di carico che sono stati utilizzati nel presente progetto ai fini della generazione delle corrette combinazioni di carico.

Nome carico	Tipo carico associato
(1) Variabile	Cat. E: Magazzini
(1) Permanente non strutturale	Permanente non strutt.
(1) Peso Proprio	Permanente
(1) Dinamica SLDh X	Sismico SLD
(1) Dinamica SLDh Y	Sismico SLD
(1) Dinamica SLVh X	Sismico SLV
(1) Dinamica SLVh Y	Sismico SLV

## 7.7. Sistema di masse corrispondenti alle azioni statiche

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_k + \sum(\psi_{Ei} \cdot Q_{ki})$$

$\psi_{Ei}$  è il coefficiente di combinazione dell'azione variabile  $Q_i$  che tiene conto che tutti i carichi  $\psi_{Ei} \cdot Q_{ki}$  siano presenti sull'intera struttura in occasione del sisma e si ottiene moltiplicando  $\psi_{2i}$  per  $\phi$ .

I valori di  $\psi_{2i}$ ,  $\phi$  sono riportati nel capitolo della Misura della Sicurezza.

### 7.7.1. Distribuzione accidentale delle masse

Gli effetti torsionali accidentali sono tenuti in conto applicando ad ogni piano un momento torcente calcolato come:

$$M_i = F_i \times e_{ai}$$

dove:

$F_i$  sono le forze statiche equivalenti al sisma calcolate in base a quanto definito al punto 7.3.3.2 del DM 17/01/2018

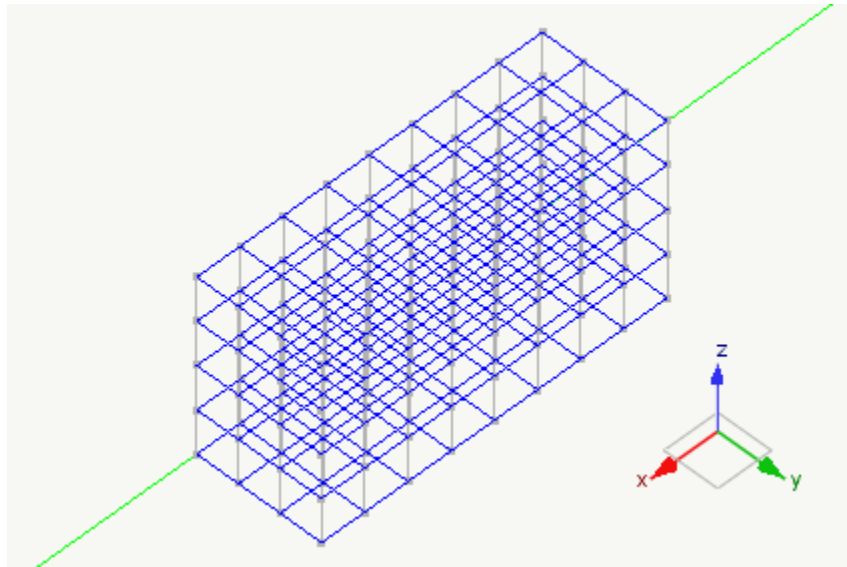
$e_{ai}$  è l'eccentricità definita al punto 7.2.6 del DM 17/01/2018

## 7.8. Condizioni di carico

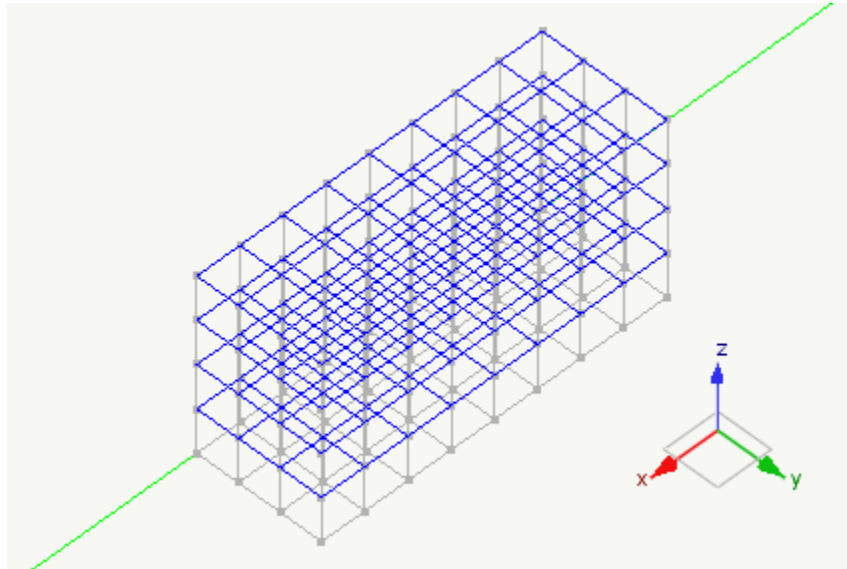
I nomi delle condizioni di carico statiche impiegate sono i seguenti:

- 1) Peso Proprio
- 2) Permanente non strutturale
- 3) Variabile

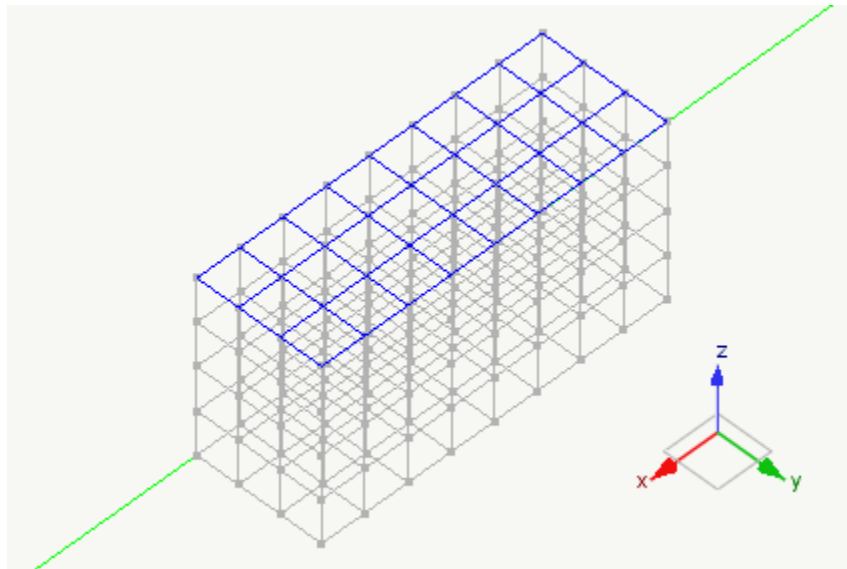
Di seguito si riportano i grafici dei carichi delle condizioni di carico statiche enumerate sopra:



Condizione di carico: Peso Proprio: Grafico dei carichi



Condizione di carico: Permanente non strutturale: Grafico dei carichi



Condizione di carico: Variabile: Grafico dei carichi

## 7.9. Le combinazioni di carico

Per gli elementi in cemento armato bidimensionali sono state prese in considerazione le combinazioni di carico di seguito elencate.

Le combinazioni di progetto considerate sono:

$0.80 * (1) \text{ Variabile} + 1.00 * (1) \text{ Peso Proprio} + -1.00 * (1) \text{ Dinamica SLVh X}$

$0.80 * (1) \text{ Variabile} + 1.00 * (1) \text{ Peso Proprio} + 1.00 * (1) \text{ Dinamica SLVh X}$

$0.80 * (1) \text{ Variabile} + 1.00 * (1) \text{ Peso Proprio} + -1.00 * (1) \text{ Dinamica SLVh Y}$

$0.80 * (1) \text{ Variabile} + 1.00 * (1) \text{ Peso Proprio} + 1.00 * (1) \text{ Dinamica SLVh Y}$

$1.50 * (1) \text{ Variabile} + 1.00 * (1) \text{ Peso Proprio}$

$1.00 * (1) \text{ Peso Proprio}$

$0.80 * (1) \text{ Variabile} + 1.00 * (1) \text{ Permanente non strutturale} + 1.00 * (1) \text{ Peso Proprio} + -1.00 * (1) \text{ Dinamica SLVh X}$

0.80 \* (1) Variabile + 1.00 \* (1) Permanente non strutturale + 1.00 \* (1) Peso Proprio + 1.00 \* (1) Dinamica SLVh  
X

0.80 \* (1) Variabile + 1.00 \* (1) Permanente non strutturale + 1.00 \* (1) Peso Proprio + -1.00 \* (1) Dinamica SLVh  
Y

0.80 \* (1) Variabile + 1.00 \* (1) Permanente non strutturale + 1.00 \* (1) Peso Proprio + 1.00 \* (1) Dinamica SLVh  
Y

1.50 \* (1) Variabile + 1.50 \* (1) Permanente non strutturale + 1.30 \* (1) Peso Proprio

1.50 \* (1) Permanente non strutturale + 1.30 \* (1) Peso Proprio

Le combinazioni di carico di servizio considerate sono le seguenti:

0.80 \* (1) Variabile + 1.00 \* (1) Permanente non strutturale + 1.00 \* (1) Peso Proprio

1.00 \* (1) Permanente non strutturale + 1.00 \* (1) Peso Proprio

0.90 \* (1) Variabile + 1.00 \* (1) Permanente non strutturale + 1.00 \* (1) Peso Proprio

1.00 \* (1) Permanente non strutturale + 1.00 \* (1) Peso Proprio

1.00 \* (1) Variabile + 1.00 \* (1) Permanente non strutturale + 1.00 \* (1) Peso Proprio

1.00 \* (1) Permanente non strutturale + 1.00 \* (1) Peso Proprio

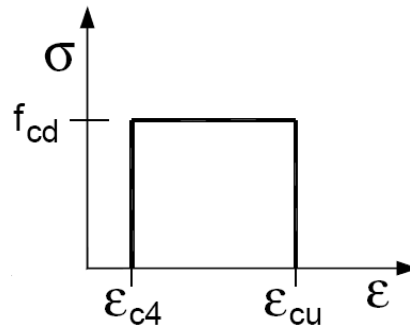
## 8. Legami costitutivi

In questo capitolo sono riportati i legami costitutivi adottati per la modellazione dei materiali e dei terreni.

### 8.1. Elementi bidimensionali

#### 8.1.1. Conglomerato cementizio

Nella figura di seguito è rappresentato il legame costitutivo  $\sigma$ - $\varepsilon$  adottato per il calcestruzzo del tipo rettangolo (stress block) nel calcolo degli elementi piani bidimensionali.



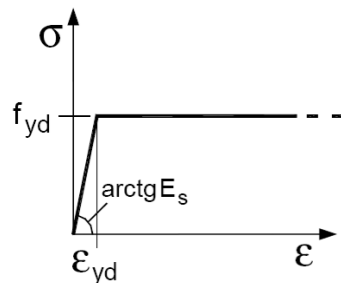
*Legame costitutivo utilizzato per il calcestruzzo*

I valori delle deformazioni utilizzati sono i seguenti:

$\varepsilon_{c4}$	$\varepsilon_{cu}$
$0.2\varepsilon_{cu}$	0.0035

#### 8.1.2. Acciaio da cemento armato

Il legame costitutivo dell'acciaio utilizzato nel calcolo degli elementi bidimensionali è definito come una bilatera con o senza incrudimento.



( b )

*Legame costitutivo utilizzato per l'acciaio*

$\varepsilon_{yd}$	$f_{yd}$
0.0018	3826.09

### 8.1.3. Rete elettrosaldata per elementi in c.a. e c.a.p.

Per le reti e i tralicci elettrosaldati si utilizzeranno gli acciai tipo B450C e B450A.

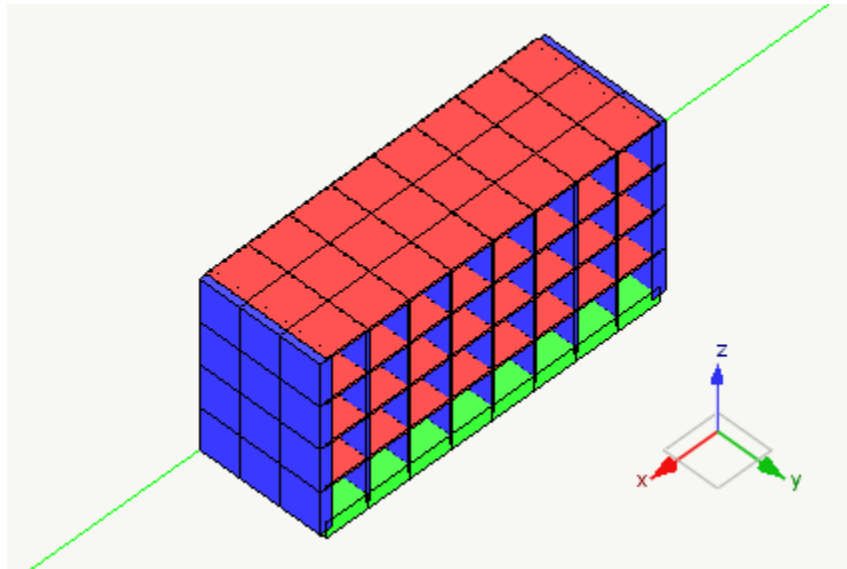
## 8.2. Terreno di fondazione

Il terreno è considerato a comportamento elastico lineare.

Per l'analisi strutturale si fa uso del modulo di reazione (coefficiente di sottofondo)  $k_s$  pari a  $5.000\text{kg} / \text{cm}^3$ .

## 9. Rappresentatività del modello

La rappresentatività dei risultati ottenuti è in primo luogo assicurata dal metodo adottato che è il Metodo degli Elementi Finiti che non richiede delle significative semplificazioni del modello strutturale. Tale metodo ha permesso infatti di rappresentare tutte le particolarità strutturali con l'opportuna adeguatezza. Il modello strutturale utilizzato corrisponde inoltre alle concezioni e alle esigenze di analisi in quanto il programma di calcolo adottato per trattarlo, consente una completa verifica e diagnosi sul modello stesso di elementi finiti non avendo fasi intermedi di automazione che possano rendere poco identificabile il modello adottato.



## 10. Analisi condotta con ausilio di elaboratore

L'analisi è stata condotta con l'ausilio dell'elaboratore tramite il programma di calcolo Nòlian prodotto dalla Softing srl. Le caratteristiche identificative di tale programma e le caratteristiche di affidabilità sono raccolte in un apposito documento allegato alla documentazione del software.

### 10.1. tipo di analisi svolta

Per la struttura in esame sono state eseguite:

Una analisi statica lineare per i carichi statici verticali ed orizzontali

Una analisi dinamica spettrale

## 11. Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Programma di calcolo e post processori	All-In-One
Produttore	Softing s.r.l.
Versione	EWS 51 (05.07.2021) build 8323
Licenza	Licenza 26129

## 12. Affidabilità dei codici utilizzati

Le caratteristiche di affidabilità sono raccolte in un apposito documento allegato alla presente relazione di calcolo

## 13. Validazione dei codici

Vista la dimensione contenuta dell'opera, non si ritiene necessaria una validazione indipendente del calcolo strutturale.



## 14. Presentazione dei risultati delle analisi

### 14.1. Risultati della analisi statica

Sulla struttura in esame è stata eseguita l'analisi statica. Nella tabella seguente si riassumono le informazioni principali:

Larghezza della semibanda della matrice	180.000
Numero di equazioni, o di righe e colonne della matrice	972.000
numero di blocchi in cui la matrice è stata divisa	1.000
numero di equazioni di ogni blocco in cui la matrice è stata divisa	972.000
zero algoritmico	0.000
tempo in secondi impiegato per l'analisi	0.250

### 14.2. Risultati dell'analisi modale

Sulla struttura in esame è stata eseguita l'analisi modale. L'analisi modale consiste nel determinare le frequenze e modi propri di vibrare di un sistema a più gradi di libertà. Siano  $\mathbf{k}$  e  $\mathbf{m}$  rispettivamente le matrici di rigidità e di massa della struttura da analizzare. Se si indica con  $\omega_n$  e  $\phi_n$  rispettivamente frequenze e modi

propri di vibrare, si può scrivere la relazione che ci fornisce la dinamica delle strutture che lega le grandezze appena citate:

$$[\mathbf{k} - \omega_n^2 \mathbf{m}] \phi_n = 0$$

Chiaramente  $\mathbf{k}$  e  $\mathbf{m}$  sono termini noti in quanto ricavati a priori dalle caratteristiche del sistema strutturale,  $\omega_n$  e  $\phi_n$  sono incognite. La precedente espressione può essere riscritta nel seguente modo:

$$\mathbf{k} \phi_n = \omega_n^2 \mathbf{m} \phi_n$$

questo rappresenta un problema agli autovalori e autovettori generalizzato e può essere ricondotto nella forma standard semplicemente premoltiplicando per la matrice inversa di  $\mathbf{m}$

$$\mathbf{m}^{-1} \mathbf{k} \phi_n = \omega_n^2 \phi_n$$

La forma standard del problema è:

$$\mathbf{A} \phi = \lambda \phi$$

L'analisi modale, quindi, consiste nella risoluzione di un problema di autovalori e autovettori.

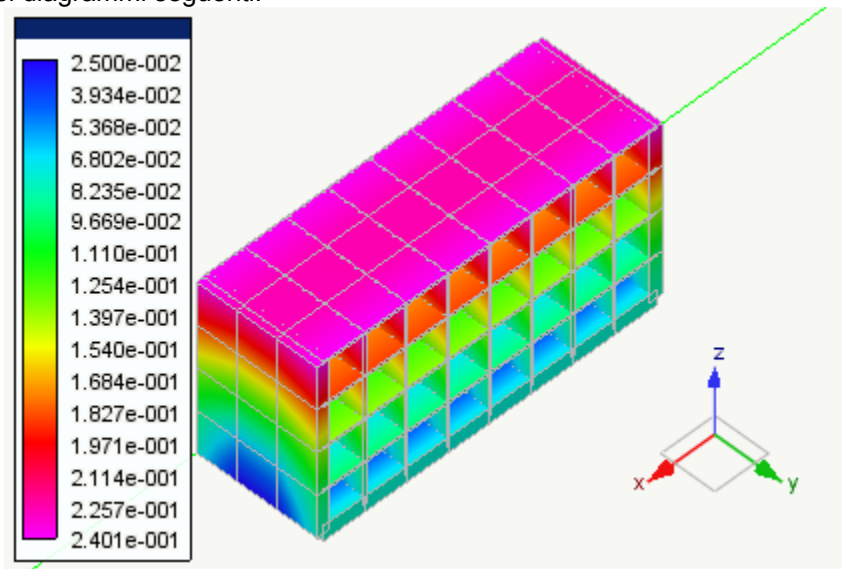
Il numero degli autovalori calcolati è pari a 16.000 e la tabella che segue contiene i valori dei periodi propri:

Modo	Periodo	Var. percentuale	Masse eccitate
------	---------	------------------	----------------

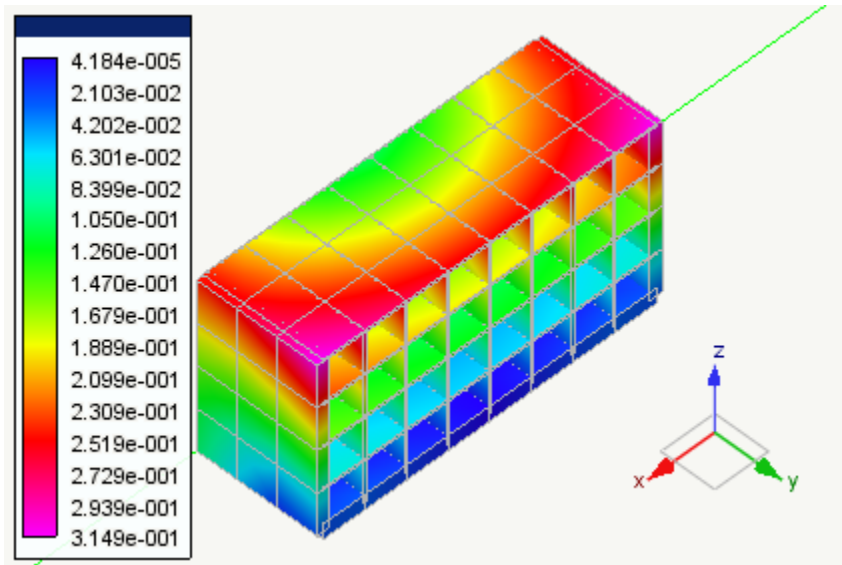
1	0.112	0.000	41.517
2	0.100	10.620	25.700
3	0.034	66.180	16.476
4	0.014	59.880	0.013
5	0.011	19.480	5.321
6	0.008	24.850	0.014
7	0.007	8.680	1.144
8	0.007	1.340	0.153
9	0.007	5.370	0.128
10	0.006	14.600	0.333
11	0.006	7.720	0.083
12	0.005	2.530	4.790
13	0.005	6.580	0.001
14	0.005	4.320	0.020
15	0.004	11.470	0.035
16	0.004	0.850	0.033

La somma delle masse relative eccitate dai modo considerati e' il 95.761% delle masse totali maggiore del 85% della massa totale e quindi il punto 7.3.3.1 della normativa risulta verificato  
 Siccome la variazione percentuale minima tra i periodi nel modello con spostamento è del 0.850% ed è inferiore al 10% si utilizza nel calcolo delle azioni sismiche la combinazione quadratica completa (CQC).

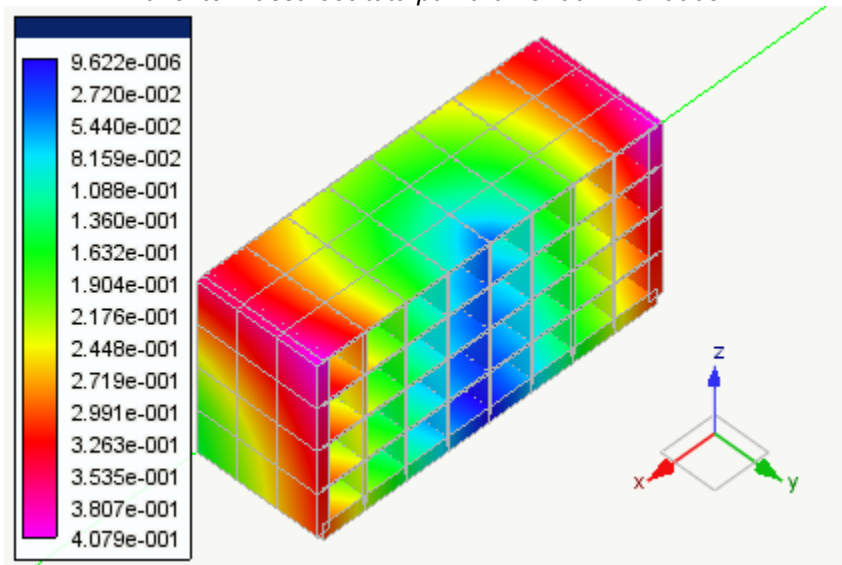
Si riportano le forme modali della struttura relative agli autovettori più significativi (solo i modi con masse eccitare maggiori del 5%) nei diagrammi seguenti.



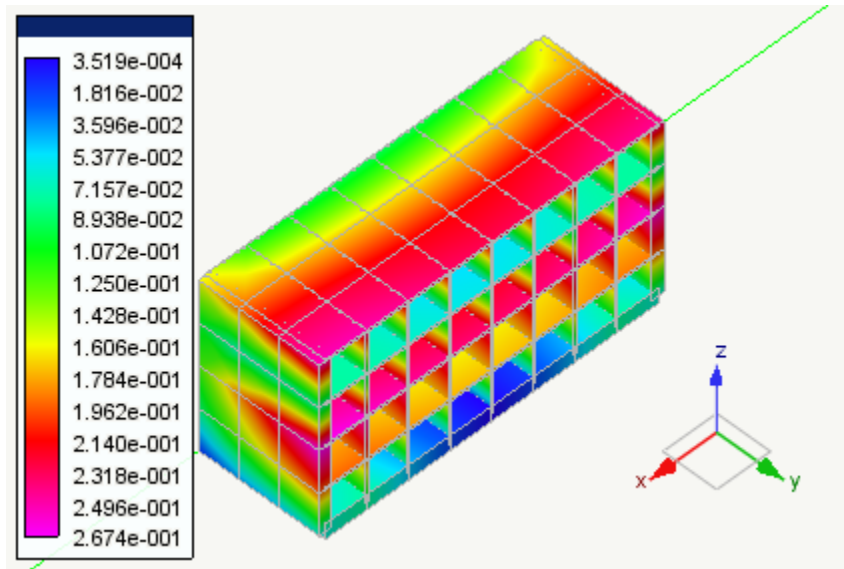
*Rappresentazione della forma modale relativa al modo 1.0  
 avente massa eccitata pari a 0.41517130139831*



*Rappresentazione della forma modale relativa al modo 2.0  
avente massa eccitata pari a 0.25700474520068*



*Rappresentazione della forma modale relativa al modo 3.0  
avente massa eccitata pari a 0.16476135699367*



*Rappresentazione della forma modale relativa al modo 5.0  
avente massa eccitata pari a 0.053214103939067*

## 15. Progetto degli elementi piani in cemento armato

### 15.1. Generalità

Il progetto delle armature degli elementi piani in calcestruzzo di questa struttura è stata condotta con il programma EasyWall prodotto dalla Softing S.r.l. di Roma.

La verifica degli elementi piani in cemento armato sono riportate nell'allegato analitico di calcolo di EW.

### 15.2. Nota su EasyWall

EasyWall è un programma per il progetto delle armature in elementi strutturali bidimensionali in calcestruzzo armato.

EasyWall è un post processore di Nòlian che acquisisce direttamente il modello di calcolo e gli stati di sollecitazione da Nòlian. Pertanto EasyWall riceve i dati di un modello ad elementi finiti di una struttura tridimensionale del tutto generale comunque sollecitata.

EasyWall gestisce questa situazione del tutto generale senza porvi limitazioni ma gestendo lo stato completo di sollecitazione (sollecitazione flessionale accoppiata alla sollecitazione membranale) in elementi piani.

Per far ciò EasyWall impiega una sofisticata funzione di analisi non lineare applicata a molti punti della superficie media dell'elemento per determinare i piani di fessurazione e quindi le direzioni delle sollecitazioni.

Queste capacità di EasyWall diminuiscono drasticamente le possibilità di errore di progetto.

Nel caso di progetto con il metodo delle tensioni ammissibili viene impiegato un modello lineare sforzi-deformazioni, come previsto dalla normativa, nel caso invece di analisi con il metodo degli stati limite viene impiegata la funzione sforzo-deformazione non lineare, sempre prevista dalla normativa.

Nelle stampe analitiche effettuate dal programma, vengono poi eseguite nuovamente le verifiche nei punti richiesti in modo tale da garantire che gli stampati analitici riflettano le vere situazioni progettuali tenendo quindi conto anche delle eventuali modifiche che il progettista abbia ritenuto opportuno praticare.

### 15.3. Criteri di calcolo

Per le verifiche di resistenza si è adottato il criterio degli stati limite seguendo i dettami imposti dalla legge n. 1086 del 5/11/71 ed i successivi aggiornamenti.

Per il calcolo delle armature si sono adottati per il calcestruzzo di classe Rck = 350.000 kg/cm<sup>2</sup> i seguenti parametri:

coefficiente di sicurezza parziale calcestruzzo	1.500
coefficiente di sicurezza addizionale calcestruzzo	0.850
accorciamento unitario massimo nel calcestruzzo	0.004

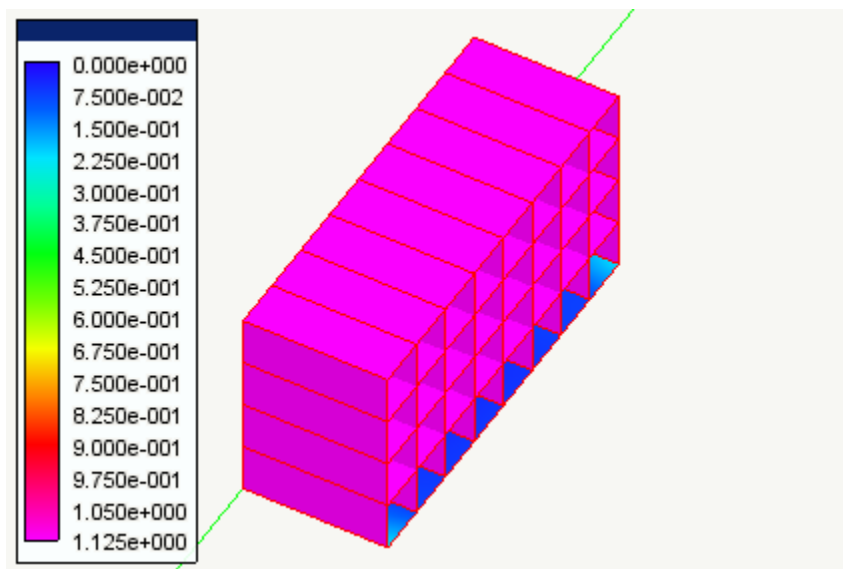
e per l'acciaio tipo B450C:

resistenza caratteristica acciaio	4400.000 kg/cm <sup>2</sup>
coefficiente di sicurezza parziale acciaio	1.150
allungamento unitario massimo nell'acciaio	0.010

### 15.4. Verifiche per lo stato limite ultimo

La verifica degli elementi piani sono riportate nell'allegato analitico di calcolo di EW.

Nella immagine che segue vengono riportati i risultati delle verifiche degli elementi visualizzate globalmente cioè sull'intera struttura con esplicitato il valori massimo delle diverse grandezze caratteristiche in gioco.



*Coefficiente di sfruttamento*

Tale coefficiente va inteso come rapporto tra azioni agenti agente e resistenza ultima ed è quindi l'inverso del coefficiente di sicurezza. Valori pertanto superiori ad 1 indicano che la sezione non è verificata. I valori superiori ad 1 sono sempre rappresentati in colore rosso. Il colore rosso indica anche un eventuale errore nel calcolo.

Il fattore di sicurezza viene valutato costruendo la funzione del dominio di rottura e verificando il fattore di sicurezza per tutte le combinazioni di carico di progetto. Il valore minimo del fattore di sicurezza (massimo del fattore di sfruttamento) viene espresso in colore.

Il calcolo del fattore di sicurezza avviene considerando il punto di carico. La misura del fattore di sicurezza avviene lungo la retta che congiunge questo punto con l'origine nello spazio delle sollecitazioni. L'intersezione di tale retta con il confine del dominio di rottura determina il punto limite. Il rapporto tra la distanza di tale punto dall'origine e la distanza del punto di carico, determina il fattore di sicurezza.

Questa verifica è la più sofisticata e accurata possibile in quanto fornisce in una visione sintetica della reale sicurezza dell'elemento. Infatti la verifica avviene sul dominio di rottura considerando tutte le componenti di sforzo.

## 15.5. Verifiche per lo stato limite di esercizio

### 15.5.1. Fessurazione

Secondo quanto dettato dal DM 17/01/2018 si considera per la struttura in esame le seguenti esigenze:

Ambiente:	Ordinario
Gruppo esigenze:	A
Sensibilità armatura:	Poco sensibile

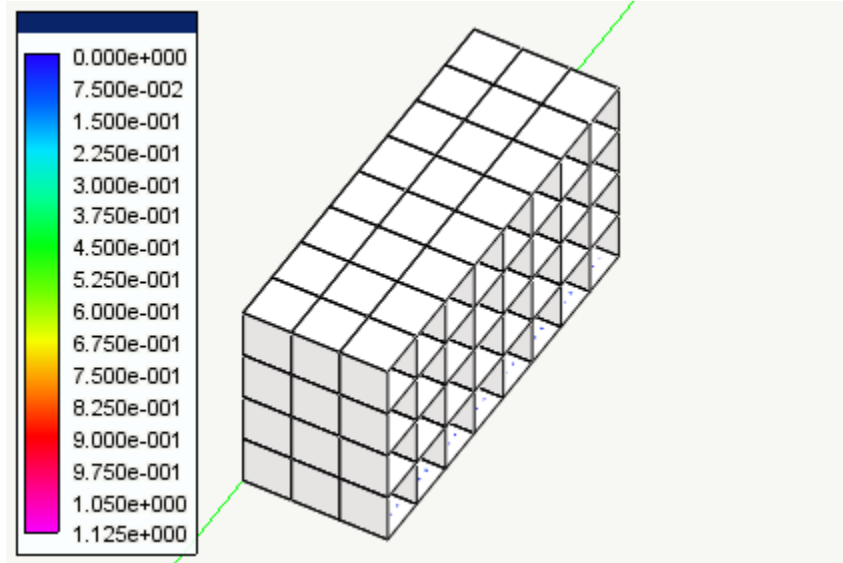
queste comportano il controllo dei seguenti stati limite:

combinazione di carico:	Stato limite: apertura fessure
Frequente	£ $w_3=0.4\text{mm}$

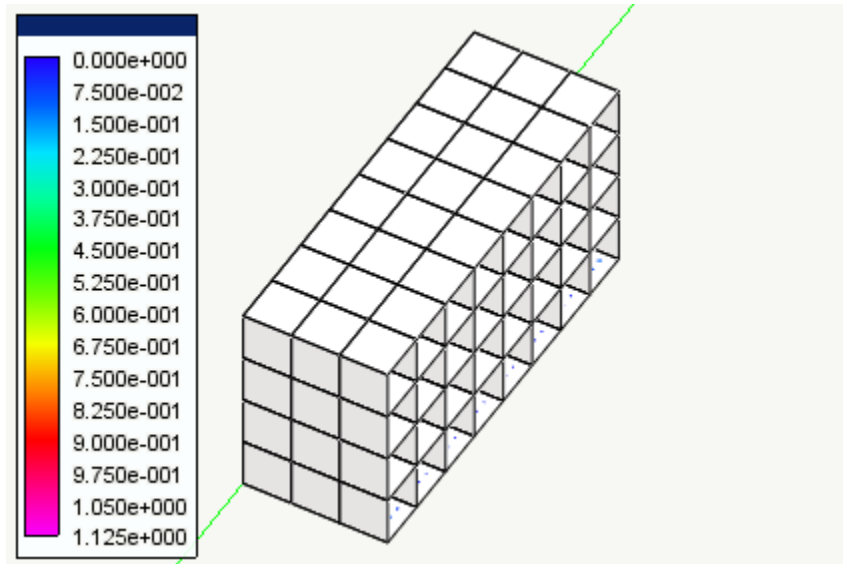
Quasi permanente

$\leq w_3=0.3\text{mm}$

Le figure seguenti riassumono quanto su riportato.



*Facce visibili*



*Facce nascoste*

## **16. Valutazione dei risultati e giudizio motivato sulla loro accettabilità**

Il software utilizzato permette di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello permettono di controllare sia la coerenza geometrica che le azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti, reazioni vincolari hanno permesso un immediato controllo con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati di cui è nota la soluzione in forma chiusa nell'ambito della Scienza delle Costruzioni.

Si è inoltre controllato che le reazioni vincolari diano valori in equilibrio con i carichi applicati, in particolare per i valori dei taglianti di base delle azioni sismiche si è provveduto a confrontarli con valori ottenuti da modelli semplificati.

Le sollecitazioni ottenute sulle travi per i carichi verticali direttamente agenti sono stati confrontati con semplici schemi a trave continua.

Per gli elementi inflessi di tipo bidimensionale si è provveduto a confrontare i valori ottenuti dall'analisi con i valori di momento flettente ottenuti con gli schemi semplificati della Tecnica delle Costruzioni.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato esito positivo.

Ciò quanto dovuto.



Studio: Studio Tecnico

Indirizzo: Piazza Citi 7 - 57037 Portoferraio

Progettista: Daniele Brandi

Comune di Porto Azzurro

Cimitero Comunale

Demolizione e ricostruzione di loculi e ossari

Relazione sulla qualità e dosatura dei materiali

## Materiali strutturali di riferimento

Nella presente relazione sono riportati i materiali strutturali utilizzati per la struttura in oggetto.

### 1.1. Calcestruzzo e armatura per il cemento armato

I calcestruzzi utilizzati per la struttura oggetto della presente relazione sono i seguenti

#### Calcestruzzo

<i>Calcestruzzo tipo</i>	<i>C28/35</i>
Resistenza caratteristica cubica $R_{ck}$	357 kg/cm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica $f_{ck}$	296 kg/cm <sup>2</sup>
Coeff. sicurezza parziale per il calcestruzzo	1.5
Resistenza di calcolo $f_{cd}$	167.86 kg/cm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione $f_{ctd}$	13.49 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo elastico E	332306 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità tangenziale G	166153 kg/cm <sup>2</sup>

#### Acciaio tipo

	<i>B450C</i>
Resistenza di snervamento $f_{yk}$	4500 kg/cm <sup>2</sup>
Coeff. sicurezza parziale per l'acciaio	1.15
Resistenza di calcolo $f_{yd}$	3913 kg/cm <sup>2</sup>

#### Leganti:

Per la produzione di calcestruzzo della struttura in oggetto sono idonei si utilizzerà cemento 425 R dosato a 300 kg/mc di impasto con rapporto A/C=0.5

#### Aggregati:

Per la produzione di calcestruzzo della struttura in oggetto sono idonei gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali con opportuna granulometria.

Studio: Studio Tecnico

Indirizzo: Piazza Citi 7 - 57037 Portoferraio

Progettista: Daniele Brandi

Comune di Porto Azzurro

Cimitero Comunale

Demolizione e ricostruzione di loculi e ossari

Relazione geotecnica

# 1. Relazione geotecnica

## 1.1. Descrizione della fondazione

Platea dello spessore di 30 cm

## 1.2. Descrizione terreno

L'area su cui insiste la struttura in esame è caratterizzata da un terreno tipo Tno costituito da argilla limosa

## 1.3. Falda

La falda idrica non è presente.

## 1.4. Parametri geotecnici

I parametri geotecnici utilizzati per lo studio della fondazione della struttura in esame sono riportati nella seguente tabella:

Angolo di attrito (°)	30.000
Coesione	0.100kg/cm <sup>2</sup>
Peso specifico dei granuli	0.003 kg/cm <sup>3</sup>
Densità del terreno umido	0.002 kg/cm <sup>3</sup>
Profondità del piano di posa	0.000 cm

*tab 1 - parametri geotecnici*

## 1.5. Approccio utilizzato e coefficienti parziali

Le verifiche sono effettuate per i seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico
  - collasso per carico limite dell'insieme fondazione - terreno
  - collasso per scorrimento sul piano di posa
- SLU di tipo strutturale
  - raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali

Per le verifiche di tipo geotecnico è stato utilizzato l'APPROCCIO 1 la cui combinazione di coefficienti parziali nel caso di SLU di tipo geotecnico è A2+M2+R2.

Per quanto riguarda lo SLU di tipo strutturale si rimanda al tabulato di progetto.

Nelle tabelle che seguono sono riportati i coefficienti parziali dell'approccio considerato.

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (gruppo 'M'):

correlato all'angolo di attrito	1.250
correlato alla coesione	1.400

correlato alla densità

1.000

Coefficienti parziali per verifiche SLU (gruppo 'R'):

capacità portante 1.800

scorrimento 1.100

Coefficienti parziali per le azioni (gruppo 'A'):

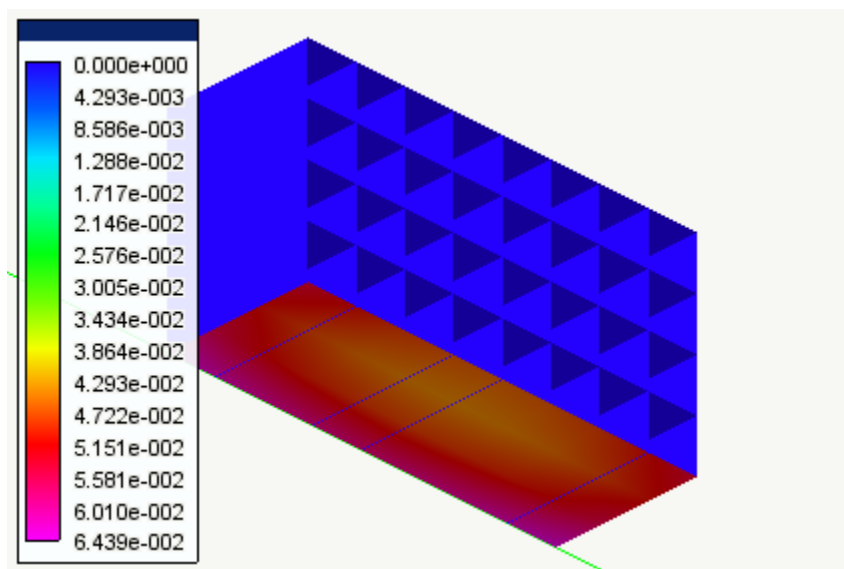
permanenti 1.000

variabili 1.300

## 1.6. Risultati delle verifiche geotecniche per le platee

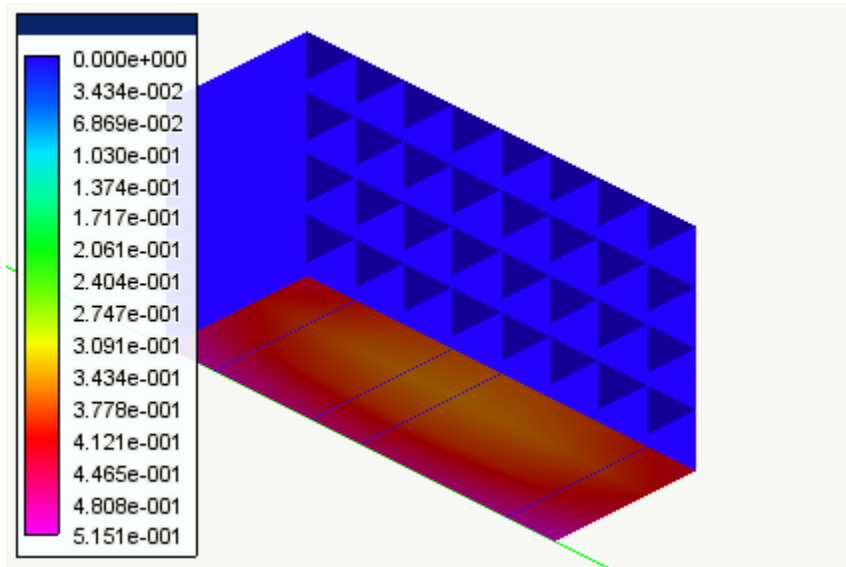
Le verifiche delle singole travi di fondazione sono riportate nel tabulato di verifica allegato.

Nelle immagini che seguono vengono riportati i risultati delle verifiche degli elementi visualizzate globalmente, cioè sull'intera struttura con esplicitati i valori massimi delle diverse grandezze caratteristiche in gioco.



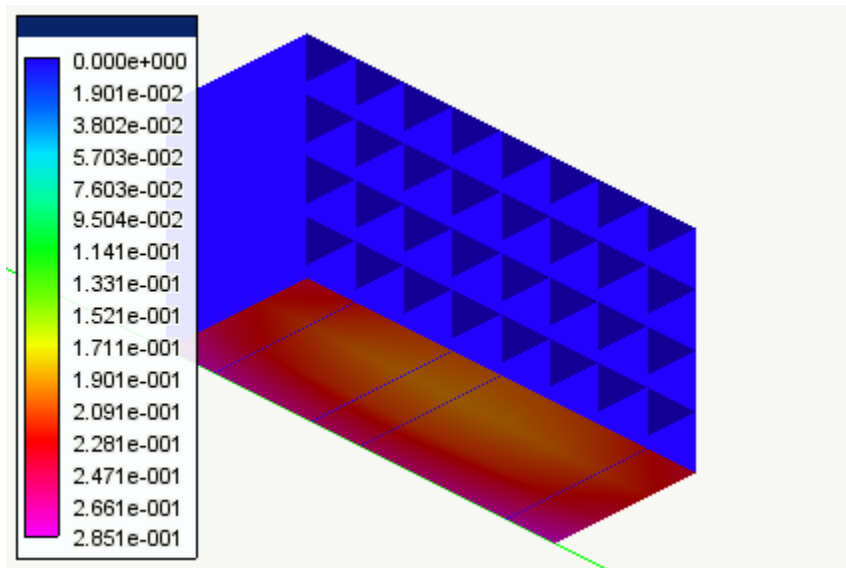
*Diagramma a colori dello spostamento verticale*

Il valore massimo dello spostamento del terreno ottenuto nel calcolo è riportato in legenda



*Diagramma a colori della pressione sul terreno*

Il valore massimo della pressione sul terreno ottenuta è riportato in legenda



*Diagramma a colori del rapporto pressione / portanza*

Il valore massimo di rapporto pressione / portanza ottenuto nella verifica è riportato in legenda.