



comune di
PRATO

Codice Fiscale: 84006890481

Progetto: **Ampliamento Scuola Primaria di Cafaggio "Laura Poli"**
I Lotto Lavori

Titolo: **Elab. RGS - Relazione Generale Strutture**

Fase: **PROGETTO ESECUTIVO**

Assessore ai lavori pubblici	Valerio Barberis
Servizio PI	Lavori Pubblici
Dirigente del Servizio	Arch. Emilia Quattrone
Responsabile Unico del Procedimento	Arch. Luca Piantini

Progettisti

Progettista Opere Architettoniche

Arch. Diletta Moscardi

Tecnico collaboratore

Geom. Dario Eleni

Progettista Opere Strutturali

Ing. Massimiliano Begliomini

Progettista Impianti Elettrici e Speciali

Ing. Maurizio Baldanzi

Progettista Impianti Meccanici e Antincendio

Ing. Filippo Bogani

Coordinatore in fase di progettazione

Arch. Luca Piantini

Elaborato: **RGS**

Scala:

Spazio riservato agli uffici:

Studio Tecnico
Ing. Massimiliano Begliomini
Piazza Monteoliveto 6/a
tel: 0573992927 – cell. 3.93913e+009
Email: mbegliomini@interstudio.net



Progetto:
AMPLIAMENTO SCUOLA PRIMARIA DI CAFAGGIO “Laura Poli”

Fase:
PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GENERALE

A3 Relazione tecnica descrittiva
A4 Relazione sui materiali impiegati
A6 Relazione geotecnica
A7 Relazione sulle fondazioni
A8 Relazione di calcolo
A13 Piano di manutenzione

INDICE

Studio Tecnico
Ing. Massimiliano Begliomini
Piazza Monteoliveto 6/a
tel: 0573992927 – cell. 3.93913e+009
Email: mbegliomini@interstudio.net



Progetto:
AMPLIAMENTO SCUOLA PRIMARIA DI CAFAGGIO “Laura Poli”

Fase:
PROGETTO ESECUTIVO

A3 Relazione tecnica descrittiva

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

A3.1. Descrizione generale dell'opera

Trattasi di progetto di ampliamento della scuola primaria “Laura Poli”, situata in Comune di Prato, località Cafaggio, Via Miliotti.

L’ampliamento sarà realizzato mediante la costruzione di un edificio disposto su due livelli fuori terra, in particolare piano terra e primo, oltre ad un piano interrato disposto solo su una porzione. La pianta dell’amplamento, piuttosto articolata, è compresa in un rettangolo di dimensioni di circa 36mx43m, l’altezza massima è di circa 9.00m. Sarà distanziato dall’edificio esistente per mezzo di un giunto tecnico calcolato in funzione dei possibili spostamenti sotto sisma di entrambe le strutture.

Indipendenti dal nuovo fabbricato saranno realizzati un locale tecnico, di dimensioni in pianta 3.60x3.80 ed altezza 3.00m, ed una tettoia con copertura a vetri che costituirà il nuovo ingresso del complesso scolastico.

Sarà realizzata anche una scala in acciaio esterna che costituisce una via d’esodo in caso di necessità.

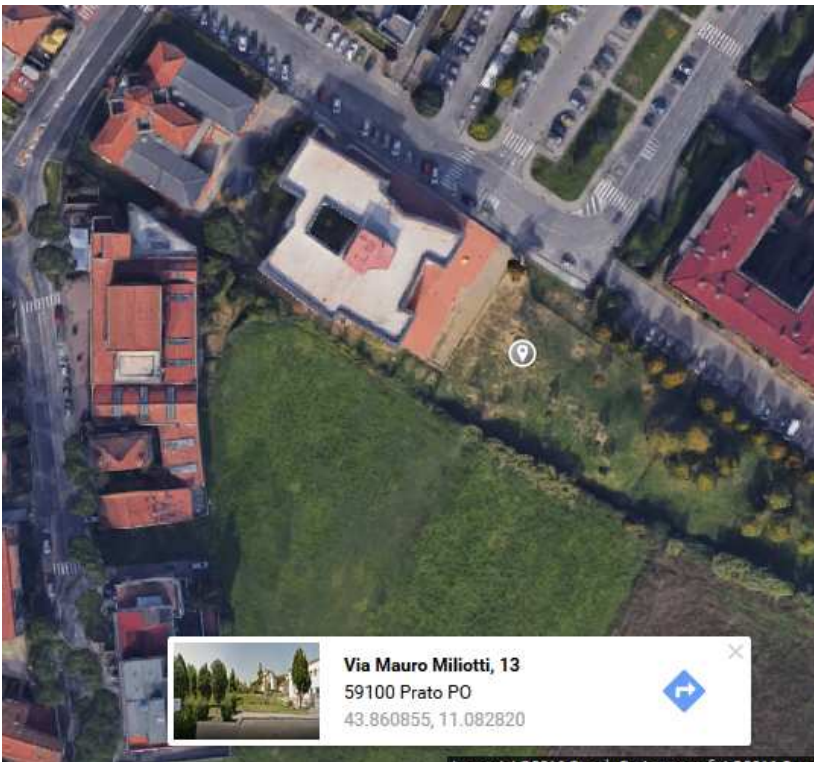
A3.2. Classe d’uso della costruzione e vita utile di servizio

Classe d’uso =3

$V_N = 50$ anni

Periodo di riferimento $V_R = 75$.

Le coordinate geografiche del sito, in formato WGS84, necessarie per l’individuazione delle azioni sismiche, sono le seguenti:



In formato ED50,

Dati:

Latitudine: 43,86251
Longitudine: 11,08341
Anni: 50
Classe d'uso: III
Stato Limite: SLV
Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1

Risultato:

Tempo di ritorno (anni): 712
Ag: 1,572
Ag/g: 0,160
F0: 2,406
T°C (sec): 0,306

Vicini nella griglia:

P1 (ID: 19612, LAT: 43,86000, LON: 11,06300)	Ag: 1,550	F0: 2,410	T°C: 0,306
P1 (ID: 19613, LAT: 43,86100, LON: 11,13300)	Ag: 1,562	F0: 2,426	T°C: 0,306
P1 (ID: 19390, LAT: 43,91000, LON: 11,06100)	Ag: 1,722	F0: 2,394	T°C: 0,306
P1 (ID: 19834, LAT: 43,81000, LON: 11,06500)	Ag: 1,481	F0: 2,384	T°C: 0,306

Coefficiente stratigrafico: 1,200
Coefficiente topografico: 1,000

A3.3. Descrizione dell'intervento

La struttura principale dell'edificio sarà realizzata con una intelaiatura in calcestruzzo armato con i telai resistenti disposti nelle due direzioni. Sarà formata dai seguenti elementi costruttivi in calcestruzzo armato:

- platea di fondazione di spessore 50cm, posta su magrone di spessore minimo 10cm; la platea avrà due piani di posa uno a -120cm dalla quota 0.00, e l'altro a quota -320 dallo 0.00;
- pareti interrato in calcestruzzo armato di spessore 35cm, con altezza che varia in funzione della loro posizione;
- solai in latero-cemento di altezza pari a $30+5=35$ cm; visto la forma della pianta e la disposizione delle travi, si utilizzano blocchi in laterizio del tipo "volterrana" da accoppiarsi in opera per la formazione delle nervature resistenti; in questo caso è richiesta la casseratura andante del solaio che garantisce anche una maggior sicurezza contro gli infortuni;
- travi e pilastri di varie dimensioni;
- scale in calcestruzzo armato, interna per l'accesso al piano primo ed esterna per l'accesso al seminterrato;
- scala in acciaio esterna per la via di esodo, formata da profilati UNP accoppiati e gradini prefabbricati con grigliati antitacco; la scala avrà una fondazione in calcestruzzo armato a trave rovescia collegata alle pareti per mezzo di cordoli in calcestruzzo armato;
- locale tecnico con struttura portante in acciaio, formata da profilati HEA100, fondazioni a travi rovescia, pareti di tamponamento e copertura con pannelli sandwich; il solaio di calpestio sarà in latero-cemento tipo bausta di altezza $16+4=20$ cm;
- tettoia di ingresso in acciaio formata da colonne tubolari $\varnothing 160/10$ e struttura portante della copertura formata da profilati HEB1600 atti a sopportare la struttura secondaria su cui appoggeranno i telaietti che contengono i vetri.

Il Progettista
Ing. Massimiliano Begliomini



Studio Tecnico
Ing. Massimiliano Begliomini
Piazza Monteoliveto 6/a
tel: 0573992927 – cell. 3.93913e+009
Email: mbegliomini@interstudio.net



Progetto:
AMPLIAMENTO SCUOLA PRIMARIA DI CAFAGGIO “Laura Poli”

Fase:
PROGETTO ESECUTIVO

A4 Relazione sui materiali impiegati

Materiali strutturali di riferimento

Nel presente capitolo sono riportati i materiali strutturali utilizzati per la struttura in esame. L'unità di misura utilizzata nella definizione delle resistenze dei materiali è il $\text{Mpa} = \text{N/mm}^2$

Nel presente capitolo sono riportati i materiali strutturali utilizzati per la struttura in esame. L'unità di misura utilizzata nella definizione delle resistenze dei materiali è il kg/cm^2 .

A4.1. Calcestruzzo

Per le opere in calcestruzzo armato si utilizzano:

Calcestruzzo C28/35 per platee, pareti, solette e travi:

Rck	350,00	kg/cm ²
fck	280,00	kg/cm ²
fcm	360,00	kg/cm ²
fcd	158,67	kg/cm ²
fctm	27,66	kg/cm ²
fctm 5%	19,36	kg/cm ²
fctm		
95%	25,17	kg/cm ²
fcfm	33,20	kg/cm ²
Ecm	323082	kg/cm ²
G (ni=0)	161541	kg/cm ²

Calcestruzzo C32/40 per pilastri e parapetti

Rck	400,00	kg/cm ²
fck	320,00	kg/cm ²
fcm	400,00	kg/cm ²
fcd	181,33	kg/cm ²
fctm	30,24	kg/cm ²
fctm 5%	21,17	kg/cm ²
fctm		
95%	27,52	kg/cm ²
fcfm	36,29	kg/cm ²
Ecm	333458	kg/cm ²
G (ni=0)	166729	kg/cm ²

A4.2. Acciaio da calcestruzzo

Per le barre longitudinali, per le reti e i tralicci si utilizza un acciaio B450C con le seguenti caratteristiche meccaniche:

ACCIAIO B450C in barre e reti

fyk	4500,00	kg/cm ²
-----	---------	--------------------

f_{yd} 3913,04 kg/cm²
E_s 2100000 kg/cm²

ACCIAIO IN PROFILATI S275

f_y 275 N/mm²
f_t 430 N/mm²
E 210000 N/mm²
n_i 0,3
G 80769 N/mm²
w 7850 kg/m³

ACCIAIO PER BARRE FILETTATE classe 8.8

Tensione caratteristica di snervamento N/mm^2	f _y	≥ 649
Tensione caratteristica di rottura N/mm^2	f _t	≥ 800

Il Progettista
Ing. Massimiliano Begliomini



Studio Tecnico
Ing. Massimiliano Begliomini
Piazza Monteoliveto 6/a
tel: 0573992927 – cell. 3.93913e+009
Email: mbegliomini@interstudio.net



Progetto:
AMPLIAMENTO SCUOLA PRIMARIA DI CAFAGGIO “Laura Poli”

Fase:
PROGETTO ESECUTIVO

A6 Relazione geotecnica

A6.1 Parametri geotecnici

Le fondazioni dell'ampliamento sono del tipo a platea con piano di posa posto su due livelli; in particolare come si evince anche dalla relazione geologica, vedi sotto,:

- platea appoggiata a -1,2 m dalla quota 0,00 del rilievo sul livello delle SABBIE LIMOSE - LIMI SABBIOSI (orizzonte 1) dal prevalente comportamento granulare.
- platea appoggiata a -3,2 m dalla quota 0,00 del rilievo sul livello delle GHIAIE E SABBIE (orizzonte 2) orizzonte.

SABBIE LIMOSE - LIMI SABBIOSI (orizzonte 1 - prevalente comportamento granulare)

In accordo a quanto visto al paragrafo 5, stante la distribuzione ottenuta, per l'angolo di attrito efficace viene fatto riferimento al valore della mediana piuttosto che a quello medio, da cui:

	Phi (°)
Mediana	27
Dev. St.	2,99
Xk	25,5

La coesione efficace (c') trattandosi di materiale dal prevalente comportamento granulare, viene posta uguale a 0; il peso di volume viene cautelativamente posto = 1,8 t/mc, da cui in sintesi finale

Tabella di sintesi

ϕ' (°)	c'	Y t/mc
25,5	0	1,8

GHIAIE E SABBIE (orizzonte 2 - prevalente comportamento granulare)

In accordo a quanto visto al paragrafo 5, stante la distribuzione ottenuta, per l'angolo di attrito viene fatto riferimento al valore medio, da cui:

	Phi (°)
Media	29
Dev. St.	2,25
Xk	27,9

La coesione efficace (c') trattandosi di materiale granulare, viene posta uguale a 0; il peso di volume viene cautelativamente posto = 1,8 t/mc, da cui in sintesi finale

Tabella di sintesi

ϕ' (°)	c'	Y t/mc
27,9	0	1,8

L'indagine sismica ha poi classificato il terreno come suolo di tipo B ai sensi della vigente normativa sismica.

Sempre nella relazione geologica per il coefficiente di Winkler è stato adottato il valore:

$$K_{\text{medio}} = 0,57 \text{ Ncm}^{-3}$$

A6.2 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

SLU di tipo strutturale

 raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali

Per le verifiche di tipo geotecnico è stato utilizzato l'APPROCCIO 2 la cui combinazione di coefficienti parziali nel caso di SLU di tipo geotecnico è A1+M1+R3.

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

Nella 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	1.000
correlato alla coesione	1.000
correlato alla densità	1.000

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

capacità portante	2.300
scorrimento	1.100

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

permanenti	1.300
variabili	1.500

A6.3 Valutazione del carico limite del terreno

Di seguito si procede ad una valutazione di massima del carico limite utile solo a capire se l'entità delle pressioni calcolate può avere un ordine di grandezza corretto.

Si utilizza la formula generalizzata di Brinch-Hansen che tiene conto dei coefficienti correttivi di forma, inclinazione del carico, eccentricità ecc.. adottando i seguenti valori dei parametri geotecnici:

fi	25,5°
c'	0 kg/cm ² (a favore di sicurezza)
gamma	1800 kg/mc

dedotti dalla relazione geologica.

Dati terreno

angolo d'attrito f_i	gradi	25,5
peso specifico 1	t/mc	1,80
peso specifico 2	t/mc	1,80
coesione c'	t/mq	0,00
inclinazione del pendio	gradi	0
profondità della falda d_w	m	5
tipo di terreno	C/A	PD

Geometria fondazione

tipo		<i>rettangolare</i>
profondità di posa D	m	1,20
base B	m	11,00
lunghezza L ($L > B$)	m	16,00
eccentricità E_b	m	0,00
eccentricità E_l	m	0,00
inclinazione del carico	gradi	0
inclinazione piano di posa	gradi	0

Dati di calcolo

B'' (= B o B')	m	11
L'' (= L o L')	m	16
c'' (= c o c^*)	t/mq	0,00
f_i'' (= f_i o f_i^*)	gradi	26

Risultati

q_{lim}	t/mq	91,55
γ_{Rd}		2,30
q_{Rd}	t/mq	39,81
kwinkler	kg/cm ³	3,66

La pressione limite calcolata risulta di 3.98 kg/cm² ed il coefficiente di sottofondo di 3.66 kg/cm³.

Nel calcolo della struttura vengono determinate le pressioni trasmesse al terreno e le pressioni limiti delle fondazioni tenendo conto dell'effettiva geometria e dei carichi applicati.

Nella relazione geologica vengono calcolati anche i cedimenti del terreno per effetto dei carichi indotti dalla nuova struttura.

Tutti i dati ed i risultati sono riportati nel fascicolo dei calcoli.

Il Progettista
Ing. Massimiliano Begliomini



Studio Tecnico
Ing. Massimiliano Begliomini
Piazza Monteoliveto 6/a
tel: 0573992927 – cell. 3.93913e+009
Email: mbegliomini@interstudio.net



Progetto:
AMPLIAMENTO SCUOLA PRIMARIA DI CAFAGGIO “Laura Poli”

Fase:
PROGETTO ESECUTIVO

A7 Relazione sulle fondazioni

A7.1 Descrizione delle fondazioni

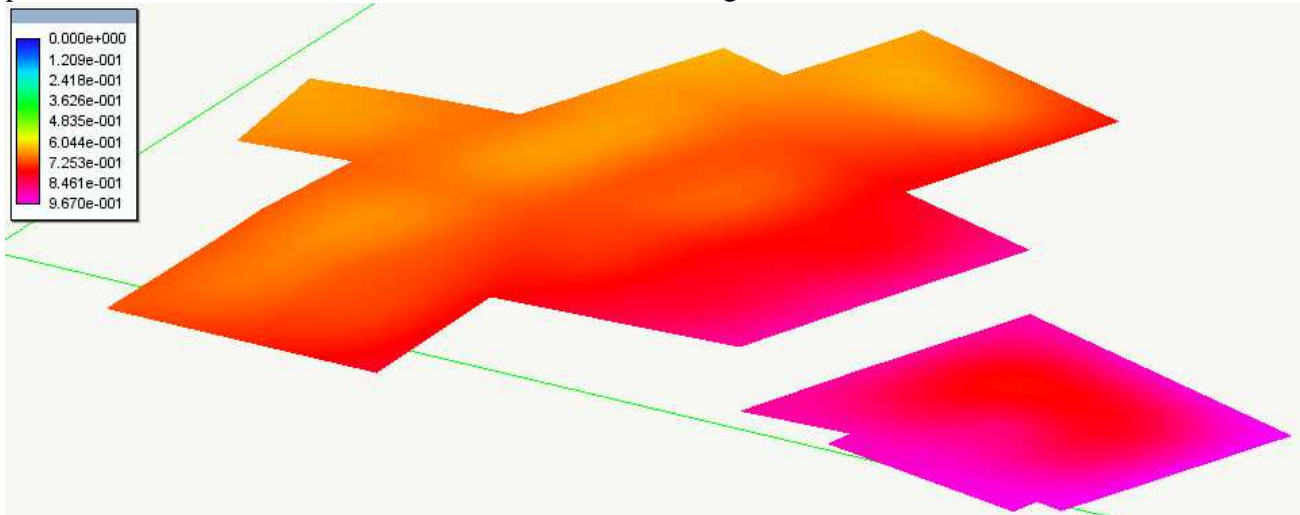
Le fondazioni dell'ampliamento sono così formate:

- fabbricato: platea di fondazione di spessore 50cm posta su due livelli, -120cm dalla quota 0.00, e -320cm dalla quota 0.00;
- tettoia di ingresso: platea di fondazione di spessore 50cm a quota -120cm;
- scala di emergenza: trave rovescia di dimensioni base 130 ed altezza 140cm;
- locale tecnico: 4 travi rovesce di dimensioni base 60cm altezza 120cm.

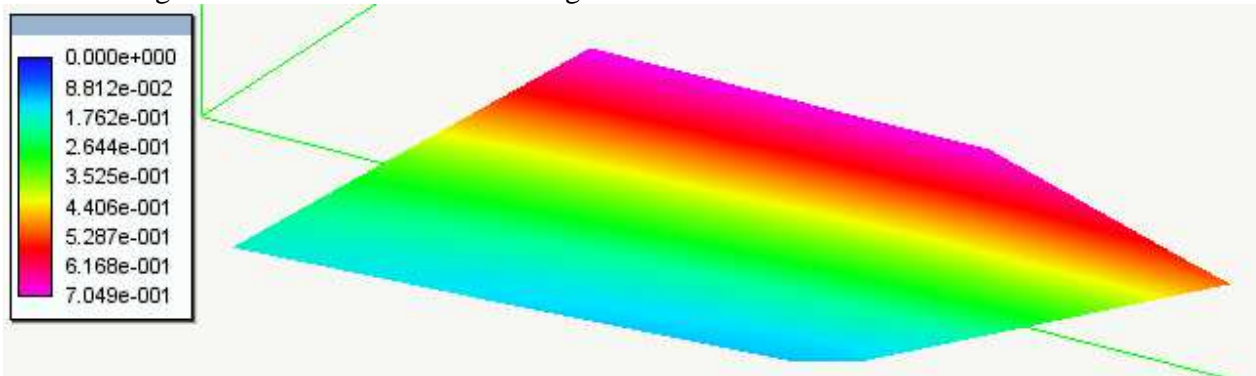
Il programma di calcolo utilizzato, AllInOne prodotto e distribuito da Softing di Roma effettua per gli elementi di fondazione la valutazione della pressione trasmessa al terreno e lo spostamento secondo la teoria di Winkler. Si ricorda che il valore adottato per il coefficiente di Winkler è pari a 0.57 kg/cm^3 .

Dai calcoli si rileva che le pressioni massime trasmesse sono:

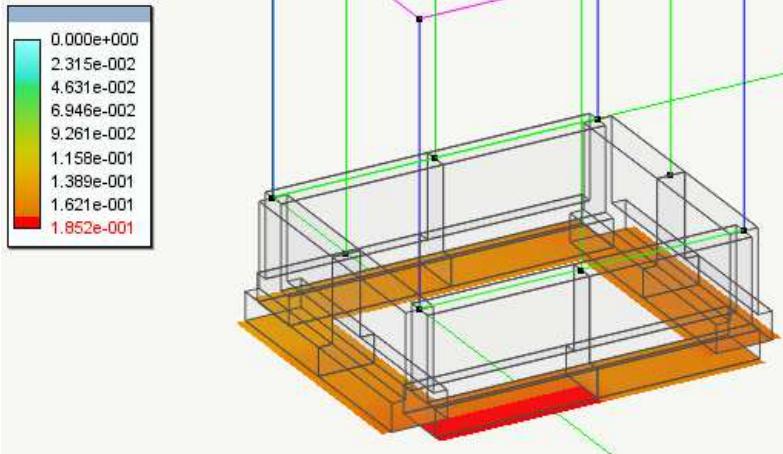
platee di fondazione fabbricato: valore massimo di 0.97 kg/cm^2



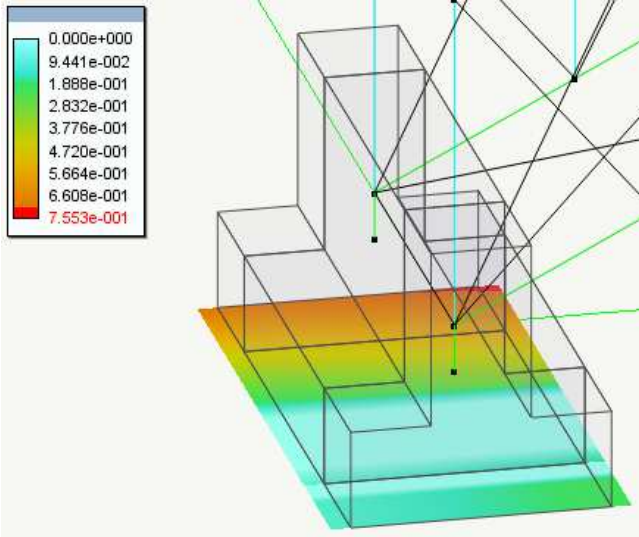
Tettoia di ingresso: valore massimo di 0.70 kg/cm^2



Travi del locale tecnico: valore massimo di 0.18 kg/cm²



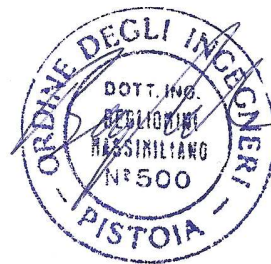
Trave della scala di emergenza: valore massimo di 0.76 kg/cm²



Tutte le pressioni calcolate sono inferiori al valore limite determinato nella relazione geotecnica di cui al paragrafo 6.

Tutti i dati ed i risultati dei calcoli sono riportati nel fascicolo dei calcoli.

Il Progettista
Ing. Massimiliano Begliomini



Studio Tecnico
Ing. Massimiliano Begliomini
Piazza Monteoliveto 6/a
tel: 0573992927 – cell. 3.93913e+009
Email: mbegliomini@interstudio.net



Progetto:
AMPLIAMENTO SCUOLA PRIMARIA DI CAFAGGIO “Laura Poli”

Fase:
PROGETTO ESECUTIVO

A8 Relazione di calcolo

A8.1 Descrizione del fabbricato

Trattasi di ampliamento di scuola primaria in Comune di Prato località Cafaggio. Tale costruzione, ai fini del regolamento 36/R della Regione Toscana, è di tipo rilevante; ai fini della vita nominale, secondo il D.M. 14/01/2008, è di tipo ordinario con vita nominale pari a 50 anni, per l'Amministrazione Comunale ha classe d'uso 3.

La struttura principale dell'edificio sarà realizzata con una intelaiatura in calcestruzzo armato con i telai resistenti disposti nelle due direzioni. Sarà formata dai seguenti elementi costruttivi in calcestruzzo armato:

- platea di fondazione di spessore 50cm, posta su magrone di spessore minimo 10cm; la platea avrà due piani di posa uno a -120cm dalla quota 0.00, e l'altro a quota -320 dallo 0.00;
- pareti interrato in calcestruzzo armato di spessore 35cm, con altezza che varia in funzione della loro posizione;
- solai in latero-cemento di altezza pari a $30+5=35$ cm; visto la forma della pianta e la disposizione delle travi, si utilizzano blocchi in laterizio del tipo "volterrana" da accoppiarsi in opera per la formazione delle nervature resistenti; in questo caso è richiesta la cassatura andante del solaio che garantisce anche una maggior sicurezza contro gli infortuni;
- travi e pilastri di varie dimensioni;
- scale in calcestruzzo armato, interna per l'accesso al piano primo ed esterna per l'accesso al seminterrato;

Per il fabbricato in calcestruzzo è stata eseguita una analisi modale con spettro di risposta e fattore di struttura calcolato automaticamente in base ai parametri scelti quali tipologia strutturale, classe di duttilità ecc.. La classe di duttilità è B.

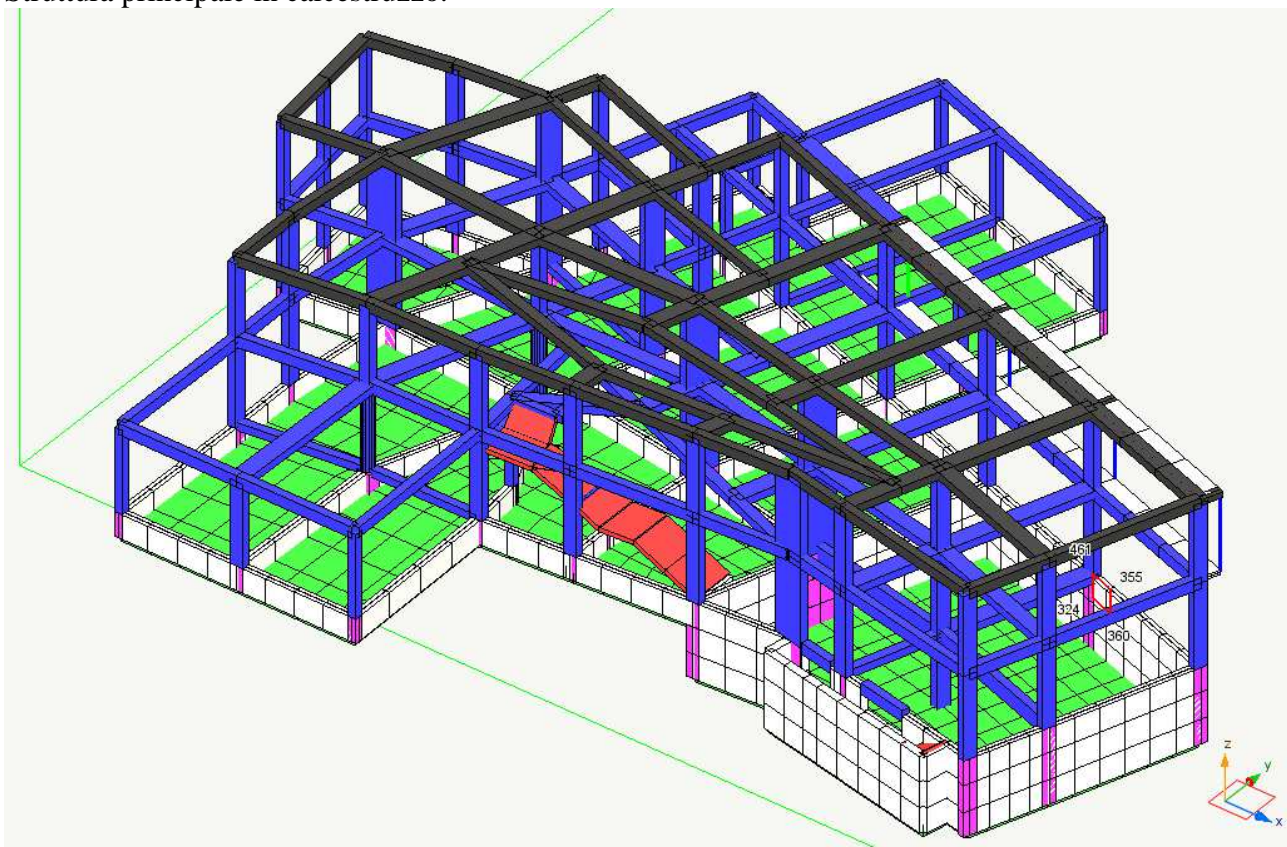
Le costruzioni in acciaio di completamento dell'ampliamento sono:

- scala in acciaio esterna per la via di esodo, formata da profilati UNP accoppiati e gradini prefabbricati con grigliati antitacco; la scala avrà una fondazione in calcestruzzo armato a trave rovescia collegata alle pareti per mezzo di cordoli in calcestruzzo armato; sul modello principale sono state considerate solo le azioni verticali agenti sulla mensola di appoggio; il calcolo della scala è stato effettuato come se fosse isolata e vincolata alla mensola con carrelli;
- locale tecnico con struttura portante in acciaio, formata da profilati HEA100, fondazioni a travi rovescia, pareti di tamponamento e copertura con pannelli sandwich; il solaio di calpestio sarà in latero-cemento tipo bausta di altezza $16+4=20$ cm; la struttura è indipendente dal fabbricato ed è stata calcolata con un modello proprio;
- tettoia di ingresso in acciaio formata da colonne tubolari $\varnothing 160/10$ e struttura portante della copertura formata da profilati HEB160 atti a sopportare la struttura secondaria su cui appoggeranno i telaietti che contengono i vetri; anche in questo caso la struttura è stata considerata indipendente e calcolata con un modello proprio.

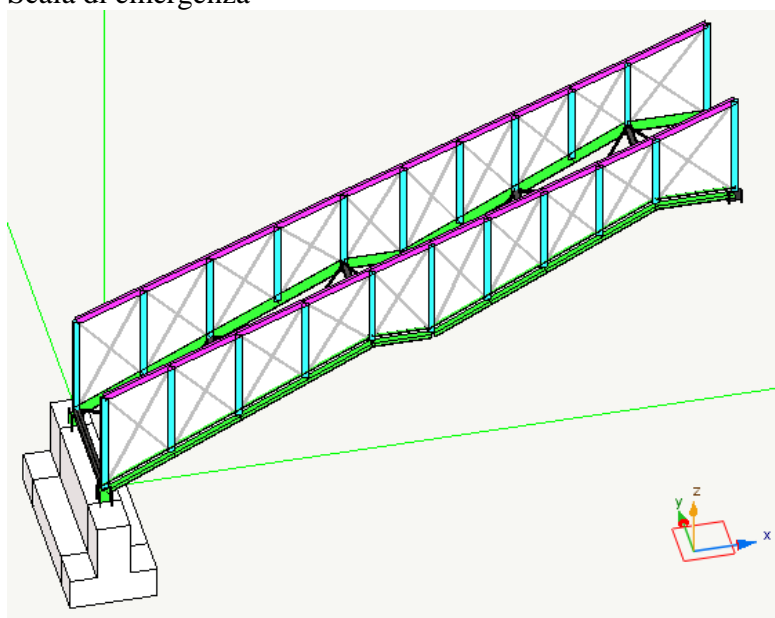
Per esse è stato scelto di effettuare un calcolo elastico con fattore di struttura $q=1$.

Di seguito i rendering delle varie strutture:

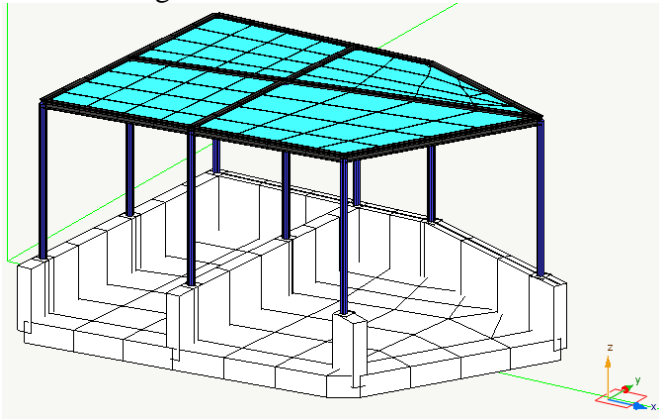
Struttura principale in calcestruzzo:



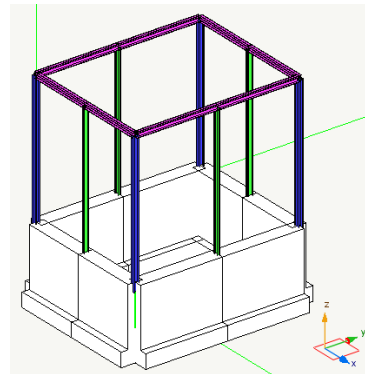
Scala di emergenza



Tettoia di ingresso



locale tecnico



A8.2 Normative applicate

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

- D.M. 14/01/2008 “Norme tecniche per le costruzioni”
- Istruzioni per l'applicazione delle "norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2009

A8.3 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.

Si riportano i coefficienti di combinazione utilizzati:

	γ_1	γ_2	ψ_0	ψ_1	ψ_2	ψ_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	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Torcente SLV	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Torcente SLD	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cat. A: Residenziale	1.5	1.0	0.7	0.5	0.3	0.3
Cat. C: Affollamento	1.5	1.0	0.7	0.7	0.6	0.6
Cat. F: Rimesse <30kN	1.5	1.0	0.7	0.7	0.6	0.6
Cat. H: Copertura	1.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vento	1.5	0.0	0.6	0.2	0.0	0.0

dove:

γ_1 è il coefficiente parziale per i carichi permanenti

γ_2 è il coefficiente parziale per i carichi permanenti in fase di sisma
 ψ_0 è il coefficiente parziale per i carichi variabili in caso di combinazione "rara"
 ψ_1 è il coefficiente parziale per i carichi variabili in caso di combinazione "frequente"
 ψ_2 è il coefficiente parziale per i carichi variabili in caso di combinazione "quasi permanente"
 ψ_3 è il coefficiente parziale per i carichi variabili in caso di combinazione con il sisma

I coefficienti parziali del calcestruzzo e dell'acciaio sono:

Coefficiente di riduzione della resistenza del cls $\gamma_c = 1.50$
 Coefficiente di riduzione della resistenza dell'acciaio $\gamma_s = 1.15$

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 γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali(1)	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	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:

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

γ_{G2} coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

γ_{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.

A8.4.4 Analisi delle strutture con elaboratore elettronico

L'analisi delle strutture è stata eseguita con il programma di calcolo AllInOne, prodotto e distribuito dalla Softing srl di Roma; il pacchetto comprende il processore agli elementi finiti Nolian ed i post-processori EasyBeam per le strutture in calcestruzzo, EasyWall per le strutture bidimensionali in calcestruzzo, EasySteel per le strutture in acciaio. Le caratteristiche identificative di tale programma e le caratteristiche di affidabilità sono raccolte in un apposito documento allegato.

Per le strutture in esame sono state eseguite:

Un'analisi statica lineare per i carichi statici verticali ed orizzontali

Un'analisi dinamica spettrale

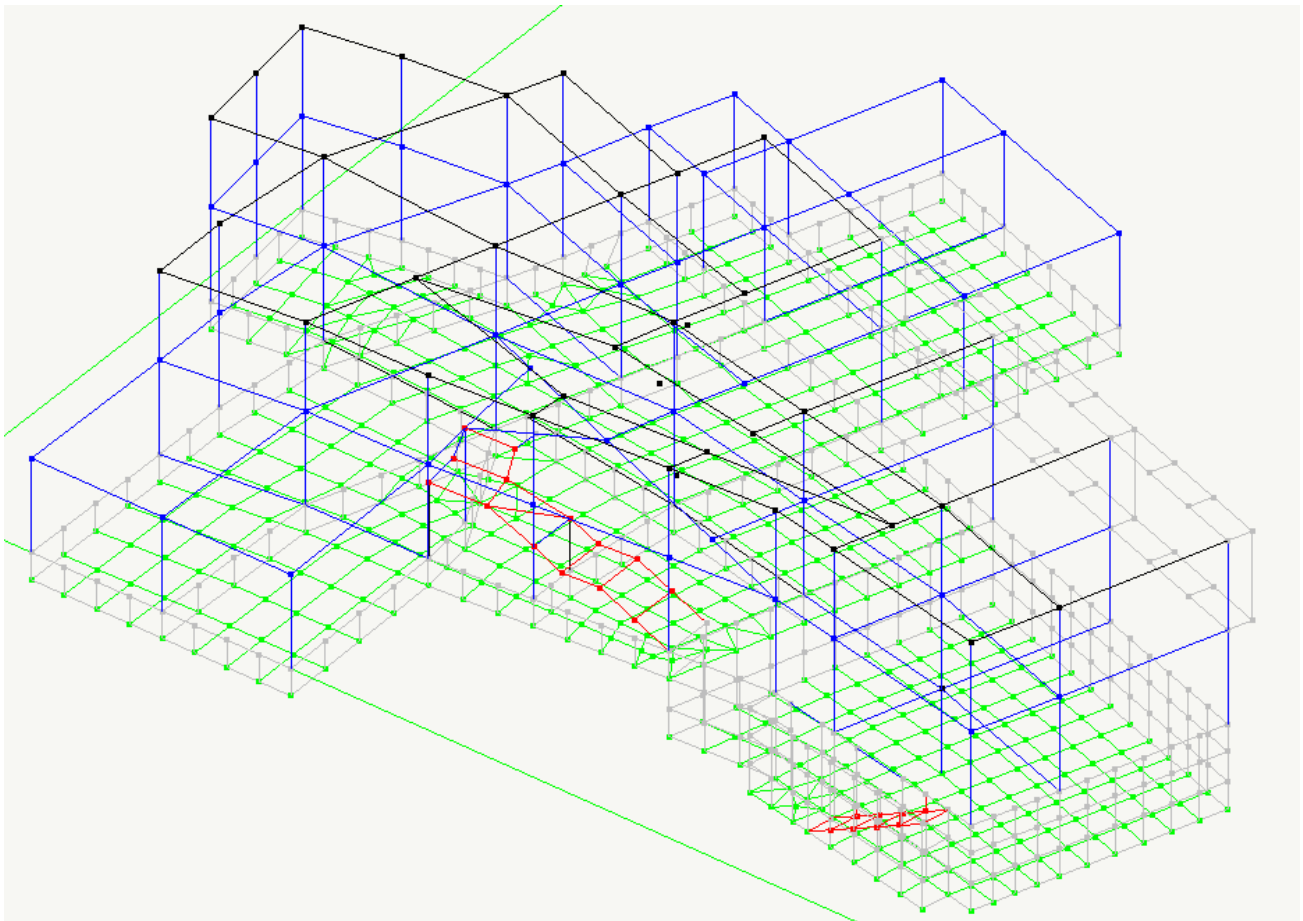
Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Programma di calcolo e post processor	All-In-One
Produttore	Softing s.r.l.
Versione	EWS 43 (10.11.2016) build 6626
Licenza	25723

A8.5 Fabbricato principale

A8.5.1 MODELLO STRUTTURALE

Il modello della struttura è tridimensionale e lo schema è il seguente:



Il modello e' costituito da 938 nodi e da 1312 elementi.

Nel modello vi sono:
500 elementi lineari a due nodi

912 elementi piani a tre e quattro nodi

Con l'ipotesi di solai infinitamente rigidi nel loro piano le masse e le inerzie rotazionali possono essere concentrate nel loro centro di gravità e per le strutture può essere impiegato il metodo Master-Slave per modellare gli impalcati rigidi. Per i nodi master sono assegnati i vincoli seguenti:

	x	y	z
Traslazione	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Rotazione	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

I nodi degli elementi piastra di fondazione di tipo Winkler hanno i seguenti vincoli:

	x	y	z
Traslazione	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rotazione	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

A8.4.2 CARICHI PERMANENTI E VARIABILI

Di seguito vengono riportati i carichi permanenti e variabili unitari agenti sui diversi solai della struttura. I carichi variabili sono in accordo con la tabella 3.1.II e l'incidenza dei divisori interni è valutata in accordo col P.to 3.1.3.1. del DM14/01/2008.

TAMPONAMENTO ESTERNO

Parete s=40cm	400	kg/mq
---------------	-----	-------

TRAMEZZATURE

Parete s=20cm	150	kg/mq
---------------	-----	-------

PARAPETTO CA s=12cm

Peso proprio	300	kg/mq
--------------	-----	-------

PLATEA INTERRATA

G2	150	kg/mq
----	-----	-------

Q	500	kg/mq
---	-----	-------

SOLAIO PT spessore 5+25+5

G1	400	kg/mq
----	-----	-------

G2	215	kg/mq
----	-----	-------

Q	400	kg/mq
---	-----	-------

SOLAIO PT spessore 5+25+5

G1	400	kg/mq
----	-----	-------

G2	415	kg/mq
----	-----	-------

Q	400	kg/mq
---	-----	-------

SOLAIO PT spessore 5+25+5 zona bagni		
G1	400	kg/mq
G2	665	kg/mq
Q	400	kg/mq

SOLAIO P1 spessore 5+25+5 terrazza		
G1	400	kg/mq
G2	140	kg/mq
Q	300	kg/mq

SOLAIO P1 spessore 5+25+5 tramezzi		
G1	400	kg/mq
G2	400	kg/mq
Q	400	kg/mq

SOLAIO P1 spessore 5+25+5 locali interni		
G1	400	kg/mq
G2	200	kg/mq
Q	400	kg/mq

SOLAIO COP spessore 5+25+5		
G1	400	kg/mq
G2	140	kg/mq
Q	80	kg/mq

SCALA A SBALZO		
G1 s medio=0,26	650	kg/mq
G2	100	kg/mq
Q	400	kg/mq

LUCERNARIO ACCIAIO VETRO		
G1	0	kg/mq
G2	50	kg/mq
Q	80	kg/mq

SCALA IN ACCIAIO		
G1	pp	kg/mq
G2	80	kg/mq
Qaff	400	kg/mq
carico concentrato	3000	kg

RINGHIERA METALLICA

G2

25 kg/mq

Sulle pareti dell'interrato le spinte del terreno sono calcolate considerando una distribuzione lineare crescente con la profondità ottenute dalle tensioni litostatiche moltiplicate per un opportuno coefficiente di spinta orizzontale K valutato caso per caso in funzione dell'angolo di attrito del terreno posto a tergo delle pareti. La spinta dovuta al carico variabile sul terrapieno viene calcolata moltiplicando tale carico per il medesimo coefficiente K.

Ai fini della spinta complessiva sulle pareti in oggetto si sono assunte le seguenti caratteristiche geotecniche:

gamma 1800 kg/mc

fi 25,5°

coesione drenata 0 kg/cmq

Non si tiene conto a lungo termine dell'effetto della coesione.

A8.5.3 AZIONE DA SISMA

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

Latitudine	Longitudine
43.863	11.084

Il sottosuolo è stato classificato di categoria B: Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille consistenti.

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

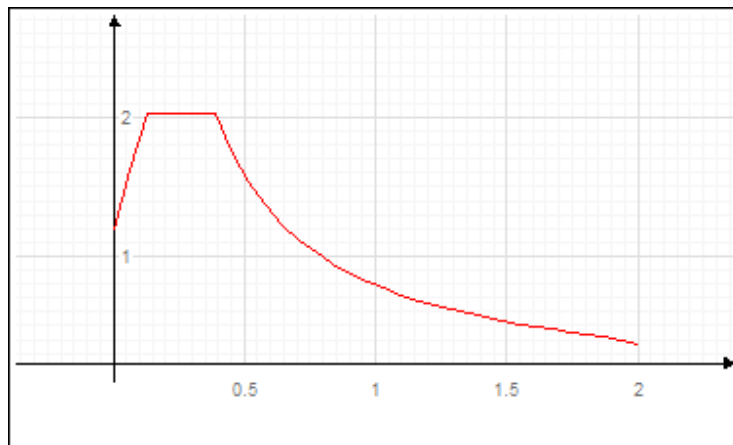
La struttura dell'edificio è realizzata con Telaio più piani più campate ed è stata progettata con i criteri specifici della classe di duttilità bassa.

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

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	68.805	0.000	0.000	
Dinamica SLDh Y	SLDh	0.000	68.805	0.000	
Dinamica SLVh X	SLVh	158.268	0.000	0.000	
Dinamica SLVh Y	SLVh	0.000	158.268	0.000	
Dinamica SLOh X	SLOh	56.508	0.000	0.000	
Dinamica SLOh Y	SLOh	0.000	56.508	0.000	

Sono stati impiegati i seguenti spettri di risposta:

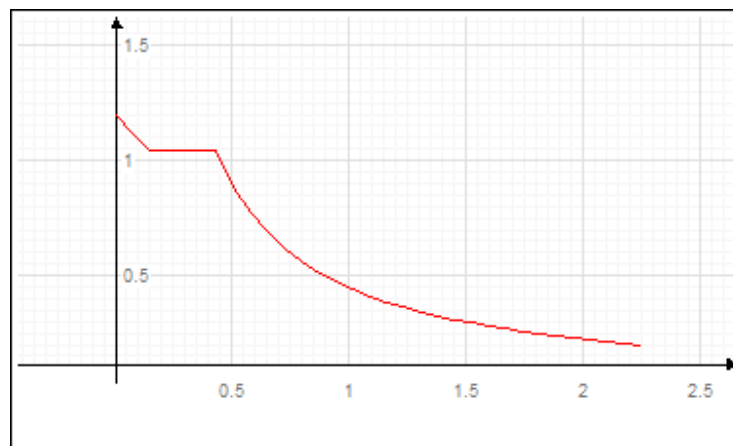


Spettro: SLDh.

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

Tipo	Ag/g	Tc	Fo	S	Fattore q
Stato Limite di Danno	0.070	0.273	2.543	1.200	1.500

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, $S=S_s \cdot S_c$ è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche.

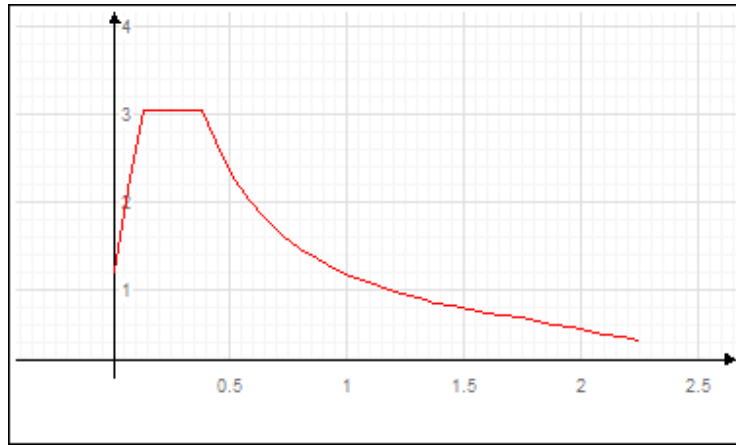


Spettro: SLVh.

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

Tipo	Ag/g	Tc	Fo	S	Fattore q
Stato Limite di salvaguardia della Vita	0.161	0.306	2.408	1.200	2.760

dove: A_g/g è la accelerazione parametrica, t_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, $S=S_s*S_c$ è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche.



Spettro: SLOh.

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

Tipo	A_g/g	T_c	F_o	S	Fattore q
Stato Limite di Operatività	0.058	0.266	2.549	1.200	1.000

dove: A_g/g è la accelerazione parametrica, t_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, $S=S_s*S_c$ è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche.

A8.5.4. AZIONE DEL VENTO E AZIONE SISMICA

L'azione del vento è calcolata secondo quanto previsto dal DM 14/01/2008 al punto 3.3. Considerando i valori calcolati, l'azione del vento risulta sviluppare un'azione globale orizzontale molto inferiore all'azione sismica e pertanto l'azione del vento non è stata presa in considerazione.

A8.5.5. 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 50m.

In base a ciò il carico di neve al suolo $q_{sk}=100$ kg/mq.

Il carico neve sulla copertura q_s viene determinato come:

$$q_s = m * q_{sk} * C_E * C_t$$

in cui m 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° e 30° 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:

$$q_s = 0.80 * 100 = 80 \text{ kg/mq.}$$

A8.5.6. 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) #4 Qn	Neve ($q < 1000$)
(1) Torcente di piano SLV	Torcente SLV
(1) Torcente di piano SLD	Torcente SLD
(1) Torcente di piano SLO	Torcente SLO
(1) #5 Spinta terreno	Permanente
(1) #3 Qaff	Cat. C: Affollamento
(1) #2 G2	Permanente non strutt.
(1) #1 G1	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
(1) Dinamica SLOh X	Sismico SLO
(1) Dinamica SLOh Y	Sismico SLO

A8.5.7 SISTEMA DI MASSE CORRISPONDENTI ALLE AZIONI STATICHE

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

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

ψ_{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 ψ_{2i} per ϕ .

I valori di ψ_{2i} , ϕ sono riportati nel capitolo della Misura della Sicurezza.

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 14/01/2008

e_{ai} è l'eccentricità definita al punto 7.2.6 del DM 14/01/2008

A8.5.8. CONDIZIONI DI CARICO

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

- 1) #1 G1
- 2) #2 G2
- 3) #3 Qaff
- 4) #4 Qn
- 5) #5 Spinta terreno
- 6) Torcente di piano SLO
- 7) Torcente di piano SLD
- 8) Torcente di piano SLV

Le combinazioni di carico di progetto considerate sono le seguenti:

- a) Combinazioni di carico di stato limite ultimo
- b) Combinazioni di carico di stato limite di esercizio
- c) Combinazioni di carico di stato limite di danno
- d) Combinazioni di carico di stato limite di operatività
- e) Combinazioni di carico geotecniche

RISULTATI DELLA ANALISI STATICA

Sulle struttura in esame è stata eseguita l'analisi statica. Nelle tabelle seguenti si riassumono le informazioni principali:

Larghezza della semibanda della matrice	945.000
Numero di equazioni, o di righe e colonne della matrice	4089.000
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	4089.000
zero algoritmico	0.000
tempo in secondi impiegato per l'analisi	0.250

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 rigidezza e di massa della struttura da analizzare. Se si indica con ω_n e ϕ_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:

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

Chiaramente k e m sono termini noti in quanto ricavati a priori dalle caratteristiche del sistema strutturale, ω_n e ϕ_n sono incognite. La precedente espressione può essere riscritta nel seguente modo:

$$k \phi_n = \omega_n^2 m \phi_n$$

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

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

La forma standard del problema è:

$$A \phi = \lambda \phi$$

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

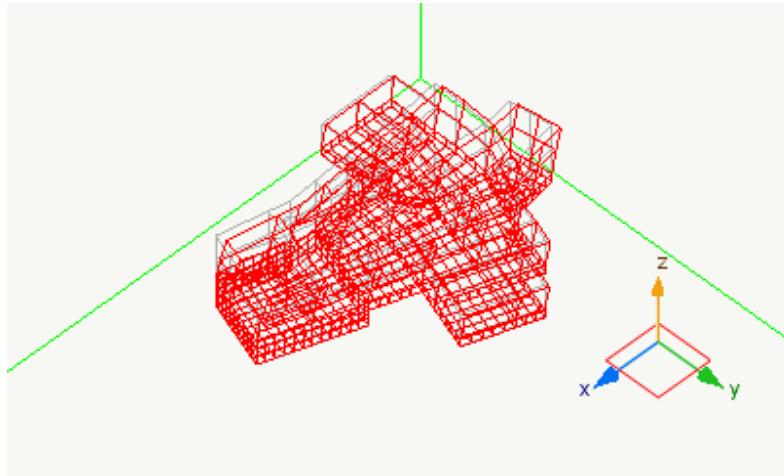
Il numero degli autovalori calcolati è pari a 10.000 e la tabella che segue contiene i valori dei periodi propri:

Modo	Periodo	Var. percentuale	Masse eccitate
1	0.339	0.00	25.239
2	0.295	13.05	26.118
3	0.220	25.26	0.738
4	0.111	49.78	4.131
5	0.103	6.67	2.632
6	0.090	12.63	2.594
7	0.028	69.12	1.973
8	0.026	5.26	1.900
9	0.016	39.13	16.389
10	0.015	8.42	7.167

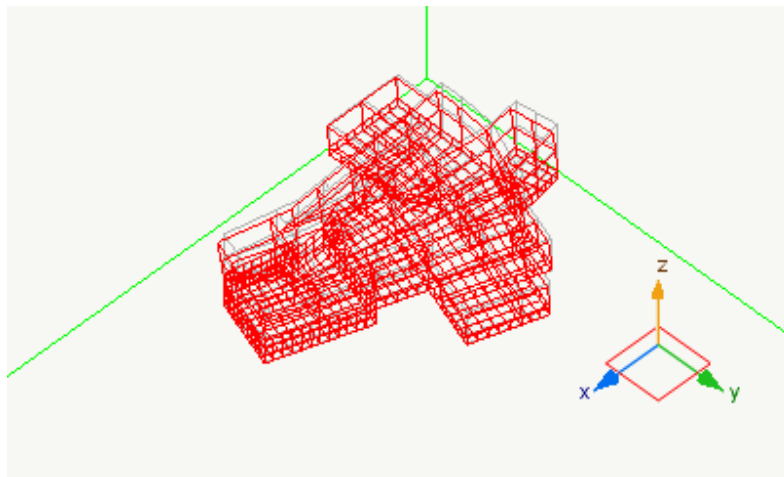
La somma delle masse relative eccitate dai modo considerati è il 88.881% delle masse totali maggiore del 85% della massa totale e quindi il punto 7.3.3.1 della normativa risulta verificato

Siccome la variazione percentuale minima tra i periodi nel modello con spostamento è del 5.260% ed è inferiore al 10% si utilizza nel calcolo delle azioni sismiche la combinazione quadratica completa (CQC).

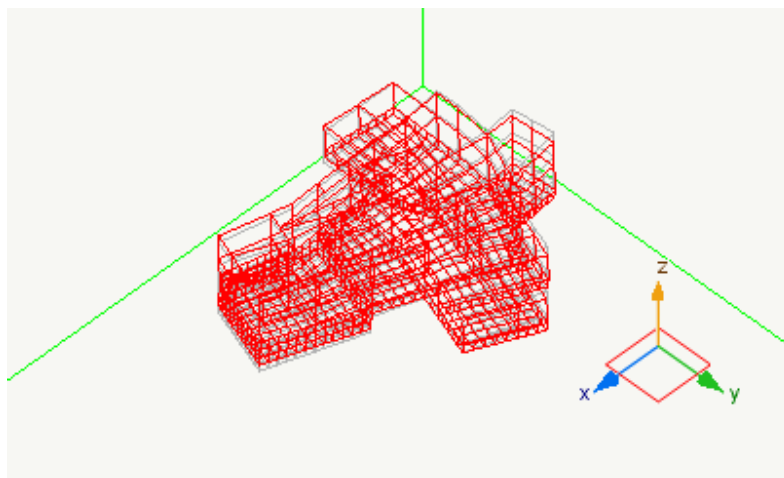
Si riportano le forme modali della struttura relative agli autovettori più significativi (solo i modi con masse eccitare maggiori del 5%) nei diagrammi seguenti.



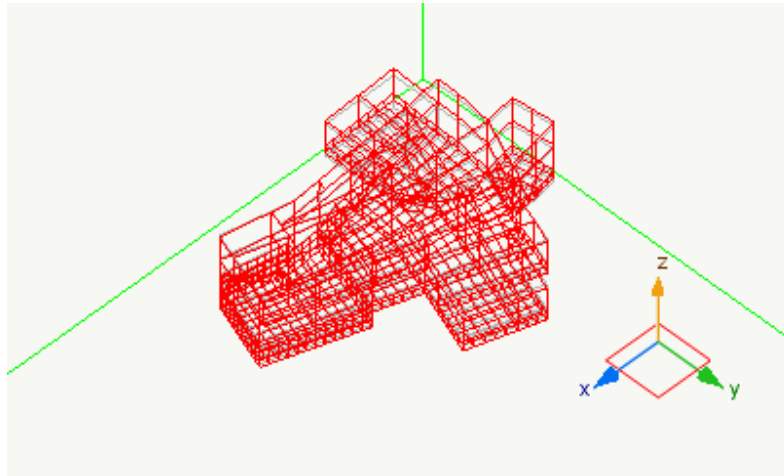
*Rappresentazione della forma modale relativa al modo 1.000
avente massa eccitata pari a 0.252*



*Rappresentazione della forma modale relativa al modo 2.000
avente massa eccitata pari a 0.261*



*Rappresentazione della forma modale relativa al modo 9.000
avente massa eccitata pari a 0.164*



*Rappresentazione della forma modale relativa al modo 10.000
avente massa eccitata pari a 0.072*

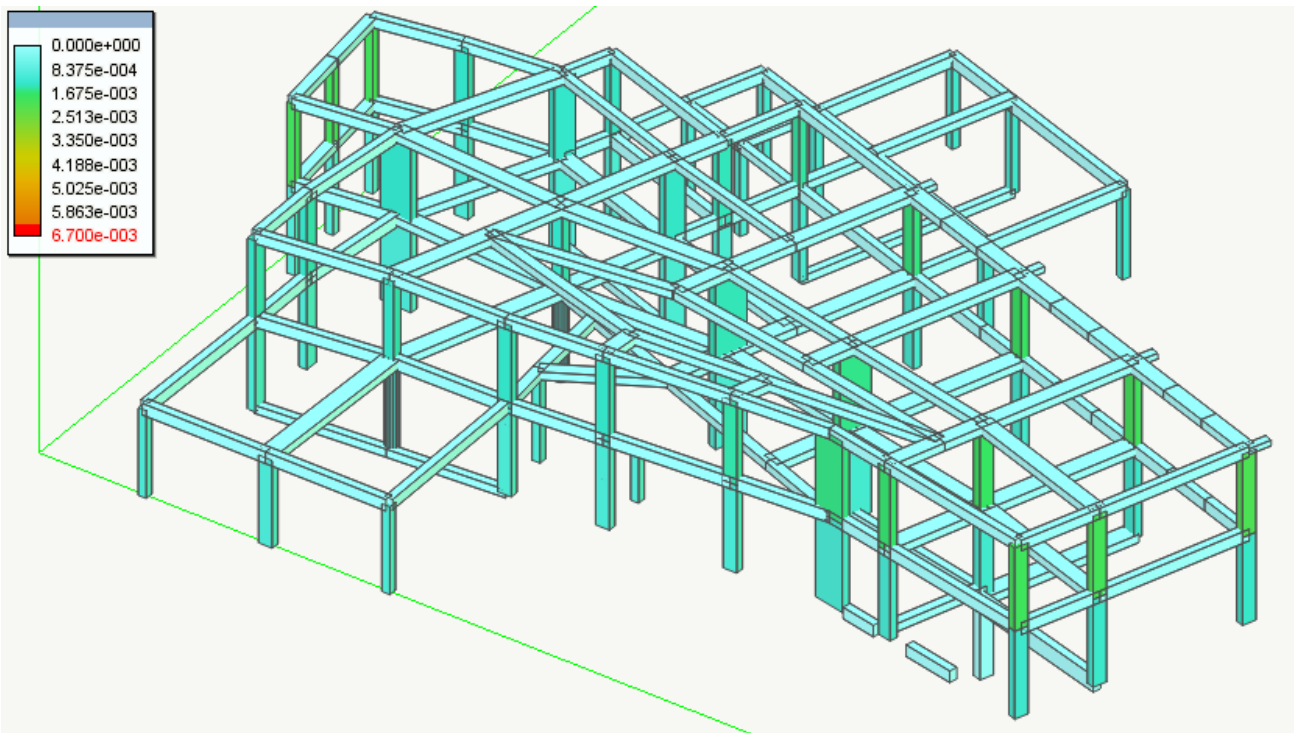
A8.5.9. Verifiche dello stato limite del danno

Per l'azione sismica di progetto di cui al punto 2.5.3. del DM 14/01/2008 dovrà essere verificato che gli spostamenti strutturali siano inferiori al 0.0067h. (punto 7.3.7.2. DM14/01/2008).

Per la struttura in oggetto si hanno i seguenti valori:

Quota	Spostamento	Spost./Altezza
35	0.027519	8.0152e-005
222.5	0.39324	0.0012893
405	0.48557	0.0012778
762.5	0.72287	0.002008

Il valore massimo si ha in sommità e vale 0.0021 inferiore al valore limite di 0.0067



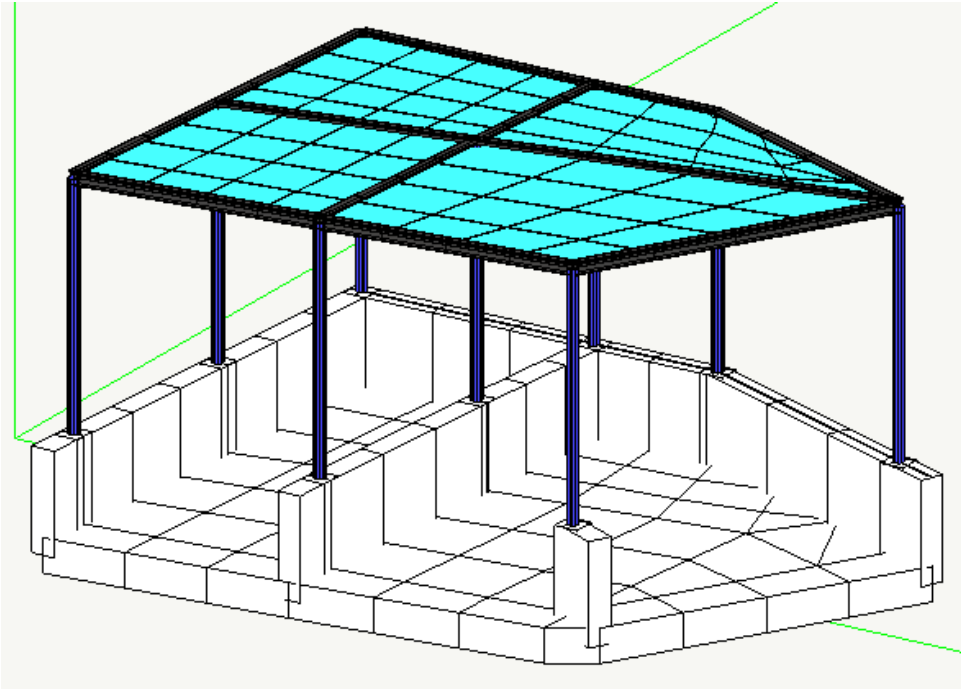
Pertanto la verifica risulta soddisfatta.

Tutti i dati ed i risultati dell'analisi della struttura sono riportati nel fascicolo dei calcoli.

A.8.6 Tettoia di ingresso

A8.6.1 MODELLO STRUTTURALE

Il modello della struttura è tridimensionale e lo schema è il seguente:



Il modello e' costituito da 170 nodi e da 216 elementi.

Nel modello vi sono:

73 elementi lineari a due nodi

143 elementi piani a tre e quattro nodi

I nodi degli elementi piastra di fondazione di tipo Winkler hanno i seguenti vincoli:

	x	y	z
Traslazione	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rotazione	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

A8.6.2 CARICHI PERMANENTI E VARIABILI

Di seguito vengono riportati i carichi permanenti e variabili unitari agenti sui diversi solai della struttura. I carichi variabili sono in accordo con la tabella 3.1.II e l'incidenza dei divisori interni è valutata in accordo col P.to 3.1.3.1. del DM14/01/2008.

ACCIAIO

Peso proprio 7850 kg/mc

CALCESTRUZZO

Peso proprio 2500 kg/mc

STRUTTURA DI COPERTURA PORTAVETRI

Carico portato G2 60 kg/mq

SOLAIO PT spessore 5+25+5

G1	400	kg/mq
G2	215	kg/mq
Q	400	kg/mq

A8.6.3 AZIONE DA SISMA

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

Latitudine	Longitudine
43.863	11.084

Il sottosuolo è stato classificato di categoria B: Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille consistenti.

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

La struttura dell'edificio è realizzata con Telaio più piani più campate ed è stata progettata con i criteri specifici della classe di duttilità bassa.

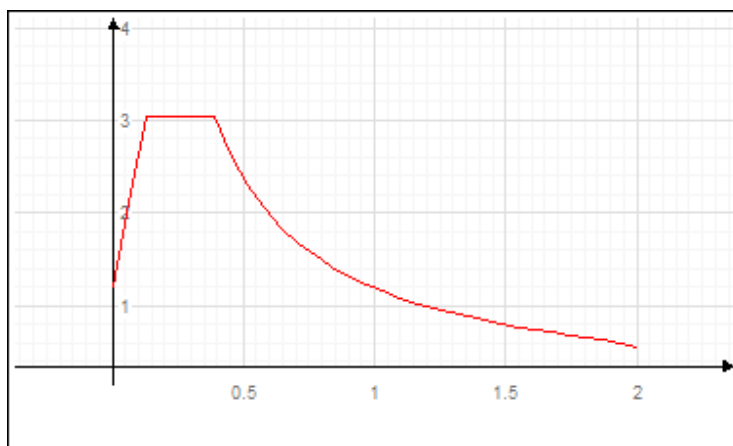
La struttura in esame per le sue particolarità è stata considerata dal progettista, non regolare in pianta e non regolare in elevazione.

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

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	68.805	0.000	0.000
Dinamica SLDh Y	SLDh	0.000	68.805	0.000
Dinamica SLVh X	SLVh	158.268	0.000	0.000
Dinamica SLVh Y	SLVh	0.000	158.268	0.000
Dinamica SLOh X	SLOh	56.508	0.000	0.000
Dinamica SLOh Y	SLOh	0.000	56.508	0.000

Sono stati impiegati i seguenti spettri di risposta:

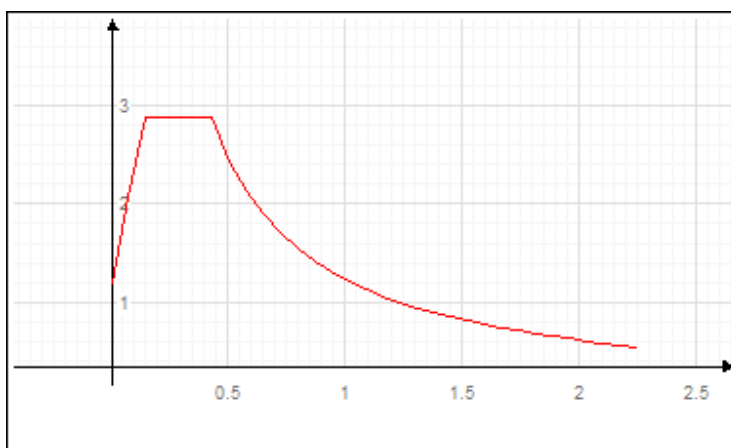


Spettro: SLDh.

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

Tipo	Ag/g	Tc	Fo	S	Fattore di struttura q
Stato Limite di Danno	0.070	0.273	2.543	1.200	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.



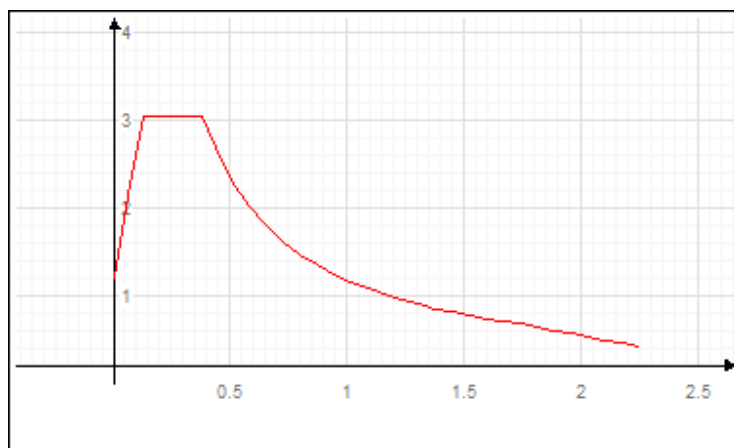
Spettro: SLVh.

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

Tipo	Ag/g	Tc	Fo	S	Fattore
------	------	----	----	---	---------

					di struttura q
Stato Limite di salvaguardia della Vita	0.161	0.306	2.408	1.200	1.000

dove: A_g/g è la accelerazione parametrica, t_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, $S=S_s*S_c$ è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche.



Spettro: SLOh.

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

Tipo	A_g/g	T_c	F_o	S	Fattore di struttura q
Stato Limite di Operatività	0.058	0.266	2.549	1.200	1.000

dove: A_g/g è la accelerazione parametrica, t_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, $S=S_s*S_c$ è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche.

A8.6.4. AZIONE DEL VENTO E AZIONE SISMICA

Ritenendo che il vento non sia trascurabile rispetto all'azione sismica i valori sopra calcolati sono stati assegnati alla struttura mediante le opportune condizioni di carico descritte nella presente relazione.

In particolare per il vento si ha:

Zona 3

Classe di rugosità B

Categoria di esposizione IV

Coefficiente topografico 1.00

Coefficiente dinamico 1.00
Coefficiente di esposizione 1.63
Pressione cinetica di riferimento 45.6 kg/mq
Pressione del vento 80 kg/mq (arrotondato per eccesso)

A8.6.5. 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 50m.

In base a ciò il carico di neve al suolo $q_{sk}=100$ kg/mq.

Il carico neve sulla copertura q_s viene determinato come:

$$q_s = m * q_{sk} * C_E * C_t$$

in cui m 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° e 30° 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:

$$q_s = 0.80 * 100 = 80 \text{ kg/mq.}$$

A8.6.6 SISTEMA DI MASSE CORRISPONDENTI ALLE AZIONI STATICHE

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

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

ψ_{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 ψ_{2i} per ϕ .

I valori di ψ_{2i} , ϕ sono riportati nel capitolo della Misura della Sicurezza.

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 14/01/2008

e_{ai} è l'eccentricità definita al punto 7.2.6 del DM 14/01/2008

A8.6.7. CONDIZIONI DI CARICO

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

- 1) #1 G1
- 2) #2 G2
- 3) #3 Q
- 4) #4 V

Le combinazioni di carico di progetto considerate sono le seguenti:

- f) Combinazioni di carico di stato limite ultimo
- g) Combinazioni di carico di stato limite di esercizio
- h) Combinazioni di carico di stato limite di danno
- i) Combinazioni di carico di stato limite di operatività
- j) Combinazioni di carico geotecniche

RISULTATI DELLA ANALISI STATICA

Sulle struttura in esame è stata eseguita l'analisi statica. Nelle tabelle seguenti si riassumono le informazioni principali:

Larghezza della semibanda della matrice	237.000
Numero di equazioni, o di righe e colonne della matrice	825.000
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	825.000
zero algoritmico	0.000
tempo in secondi impiegato per l'analisi	0.083

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 ω_n e ϕ_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 k e m sono termini noti in quanto ricavati a priori dalle caratteristiche del sistema strutturale, ω_n e ϕ_n sono incognite. La precedente espressione può essere riscritta nel seguente modo:

$$k\phi_n = \omega_n^2 m \phi_n$$

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

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

La forma standard del problema è:

$$A\phi = \lambda\phi$$

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

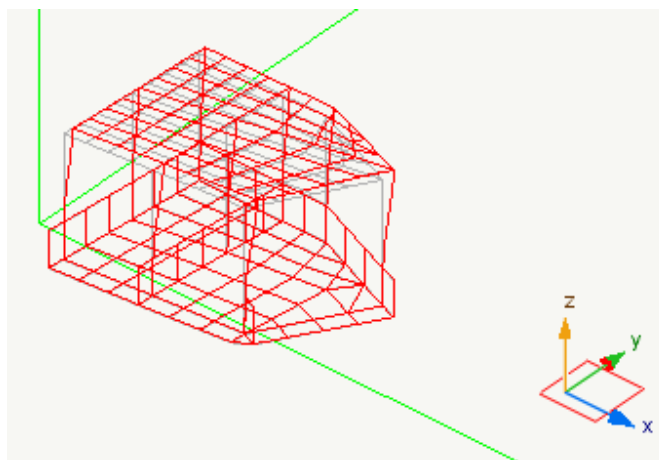
Il numero degli autovalori calcolati è pari a 8 e la tabella che segue contiene i valori dei periodi propri:

Modo	Periodo	Var. percentuale	Masse eccitate
1	0.272	0.00	10.081
2	0.251	7.76	9.239
3	0.190	24.14	0.474
4	0.062	67.13	36.309
5	0.050	19.53	32.132
6	0.033	34.68	10.115
7	0.027	16.96	0.384
8	0.023	15.02	0.293

La somma delle masse relative eccitate dai modo considerati è il 99,02% delle masse totali maggiore del 85% della massa totale e quindi il punto 7.3.3.1 della normativa risulta verificato

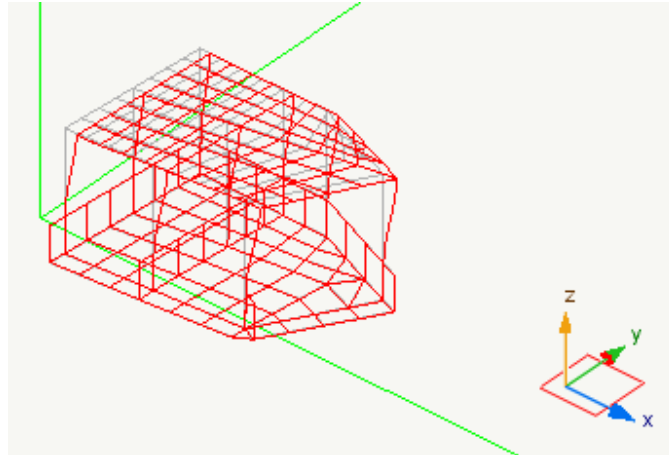
Si riportano le forme modali della struttura relative agli autovettori più significativi (solo i modi con masse eccitare maggiori del 5%) nei diagrammi seguenti.

*Rappresentazione della forma modale relativa al modo 1.000
avente massa eccitata pari a 0.101*



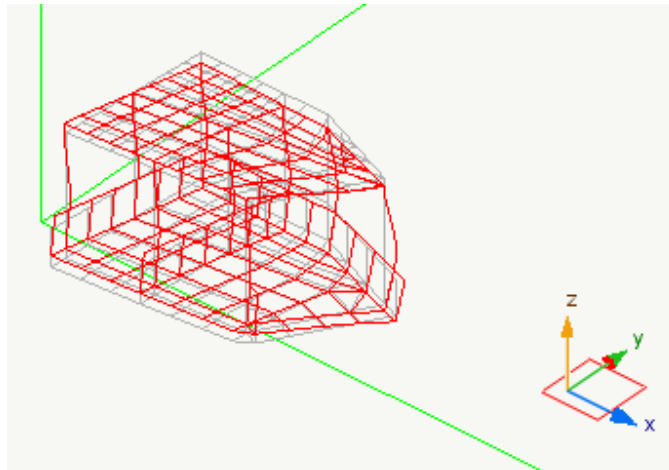
Rappresentazione della forma modale relativa al modo 2.000

avente massa eccitata pari a 0.092



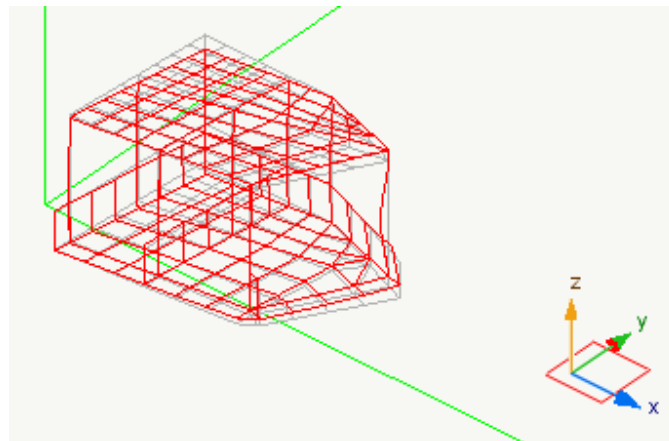
Rappresentazione della forma modale relativa al modo 4.000

avente massa eccitata pari a 0.363

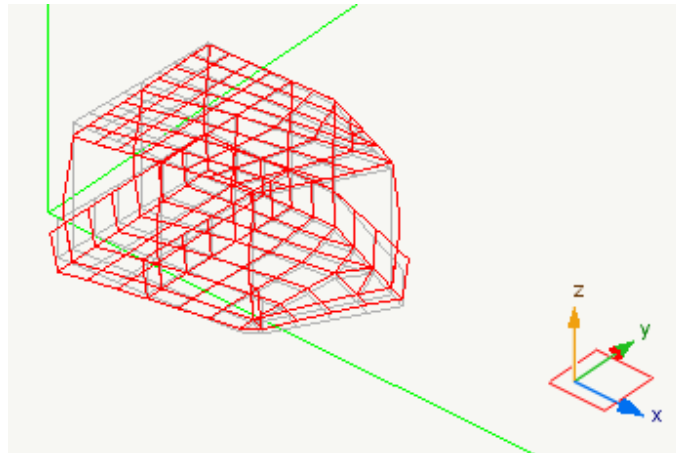


Rappresentazione della forma modale relativa al modo 5.000

avente massa eccitata pari a 0.321



*Rappresentazione della forma modale relativa al modo 6.000
avente massa eccitata paria a 0.101*



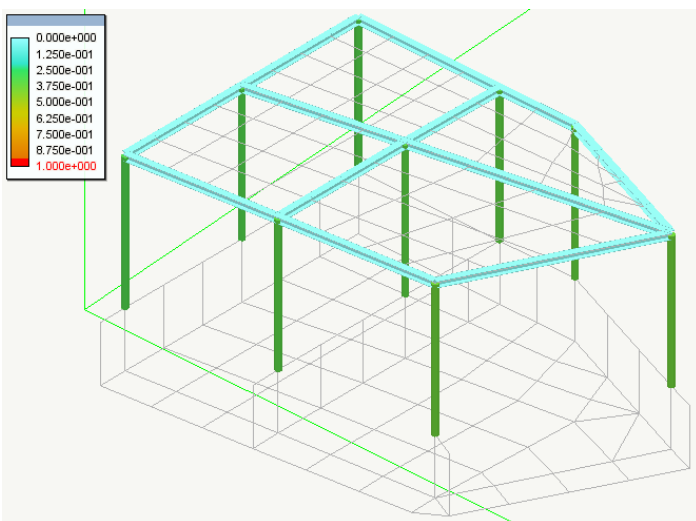
A8.6.8. Verifiche dello stato limite del danno

Per l'azione sismica di progetto di cui al punto 2.5.3. del DM 14/01/2008 dovrà essere verificato che gli spostamenti strutturali siano inferiori al 0.0067h. (punto 7.3.7.2. DM14/01/2008).

Per la struttura in oggetto si hanno i seguenti valori:

Quota	Spostamento	Spost./Altezza
368	0.91812	0.0025503

Il valore massimo si ha in sommità e vale 0.0026 inferiore al valore limite di 0.0067

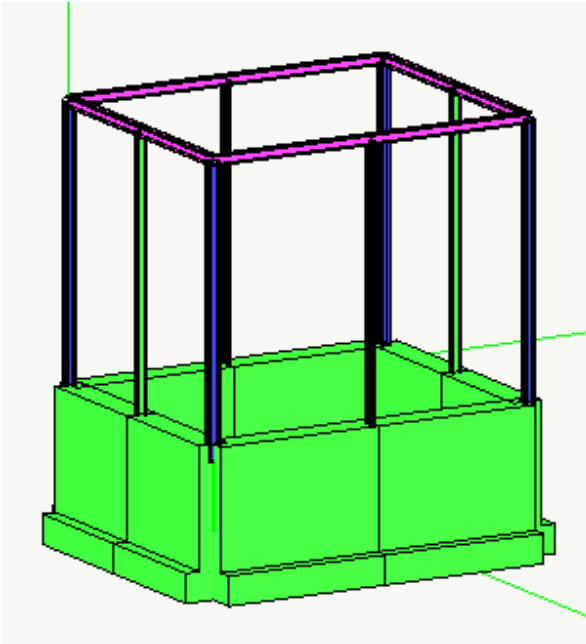


Tutti i dati ed i risultati dell'analisi della struttura sono riportati nel fascicolo dei calcoli.

A8.7 Locale tecnico

A8.7.1 MODELLO STRUTTURALE

Il modello della struttura è tridimensionale e lo schema è il seguente:



Il modello e' costituito da 24 nodi e da 36 elementi.

Nel modello vi sono:

36 elementi lineari a due nodi

I nodi degli elementi piastra di fondazione di tipo Winkler hanno i seguenti vincoli:

	x	y	z
Traslazione	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rotazione	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

A8.7.2 CARICHI PERMANENTI E VARIABILI

Di seguito vengono riportati i carichi permanenti e variabili unitari agenti sui diversi solai della struttura. I carichi variabili sono in accordo con la tabella 3.1.II e l'incidenza dei divisori interni è valutata in accordo col P.to 3.1.3.1. del DM14/01/2008.

ACCIAIO

Peso proprio 7850 kg/mc

CALCESTRUZZO

Peso proprio 2500 kg/mc

Copertura

Pannello sandwich 10 kg/mq
neve 80 kg/mq

Solaio

G1 280 kg/mq
G2 200 kg/mq
Q 500 kg/mq

Vento

pressione 80 kg/mq
parete sopravento 64 kg/mq
parete sottovento 32 kg/mq

	sopravento	sottovento
Forze distribuite X 1	0,56	0,28
Forze distribuite X 2	1,12	0,56
Forze distribuite Y 1	0,448	0,224
Forze distribuite Y 2	0,896	0,448

carichi sulle travi	quantità	G1	G2	Qn	
Solaio pt	1,2	336	240	600	
Copertura	1,4	0	0,14	1,12	

A8.7.3 AZIONE DA SISMA

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

Latitudine	Longitudine
43.863	11.084

Il sottosuolo è stato classificato di categoria B: Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille consistenti.

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

La struttura dell'edificio è realizzata con Telaio più piani più campate ed è stata progettata con i criteri specifici della classe di duttilità bassa.

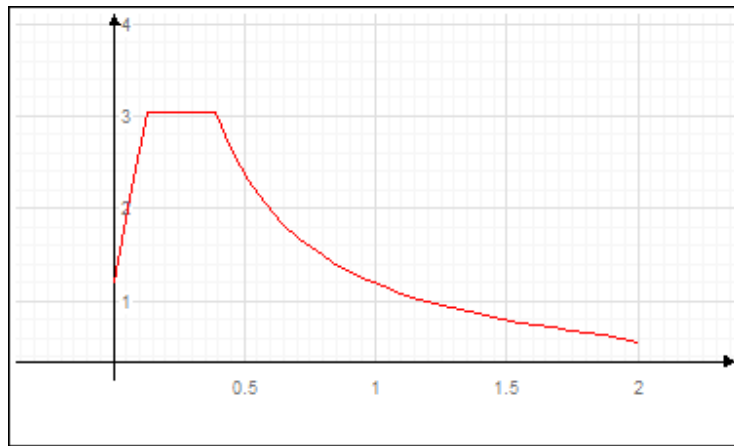
La struttura in esame per le sue particolarità è stata considerata dal progettista, regolare in pianta e regolare in elevazione.

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

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	68.805	0.000	0.000
Dinamica SLDh Y	SLDh	0.000	68.805	0.000
Dinamica SLVh X	SLVh	158.268	0.000	0.000
Dinamica SLVh Y	SLVh	0.000	158.268	0.000
Dinamica SLOh X	SLOh	56.508	0.000	0.000
Dinamica SLOh Y	SLOh	0.000	56.508	0.000

Sono stati impiegati i seguenti spettri di risposta:

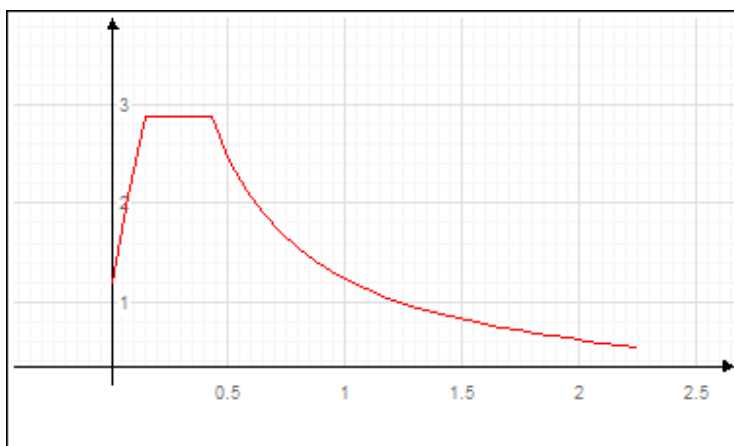


Spettro: SLDh.

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

Tipo	Ag/g	Tc	Fo	S	Fattore q
Stato Limite di Danno	0.070	0.273	2.543	1.200	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.

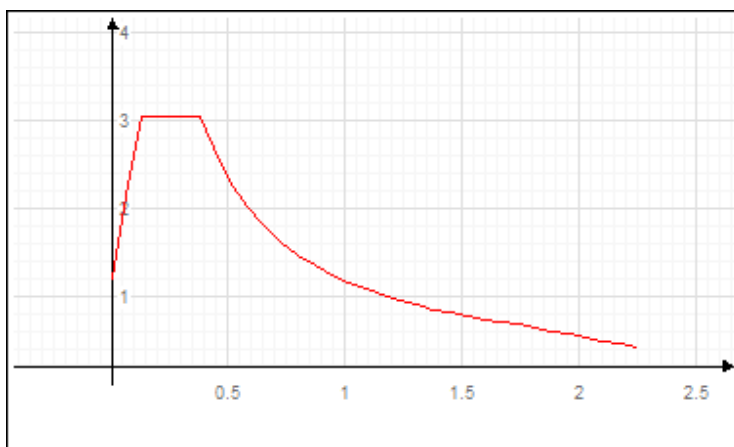


Spettro: SLVh.

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

Tipo	Ag/g	Tc	Fo	S	Fattore q
Stato Limite di salvaguardia della Vita	0.161	0.306	2.408	1.200	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: SLOh.

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

Tipo	Ag/g	Tc	Fo	S	Fattore q
Stato Limite di Operatività	0.058	0.266	2.549	1.200	1.000

dove: A_g/g è la accelerazione parametrica, t_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, $S=S_s*S_c$ è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche.

A8.7.4. AZIONE DEL VENTO E AZIONE SISMICA

Ritenendo che il vento non sia trascurabile rispetto all'azione sismica i valori sopra calcolati sono stati assegnati alla struttura mediante le opportune condizioni di carico descritte nella presente relazione.

In particolare per il vento si ha:

Zona 3

Classe di rugosità B

Categoria di esposizione IV

Coefficiente topografico 1.00

Coefficiente dinamico 1.00

Coefficiente di esposizione 1.63

Pressione cinetica di riferimento 45.6 kg/mq

Pressione del vento 80 kg/mq (arrotondato per eccesso)

A8.7.5. 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 50m.

In base a ciò il carico di neve al suolo $q_{sk}=100$ kg/mq.

Il carico neve sulla copertura q_s viene determinato come:

$$q_s = m * q_{sk} * C_E * C_t$$

in cui m 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° e 30° 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:

$$q_s = 0.80 * 100 = 80 \text{ kg/mq.}$$

A8.7.6 SISTEMA DI MASSE CORRISPONDENTI ALLE AZIONI STATICHE

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

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

ψ_{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 ψ_{2i} per ϕ .

I valori di ψ_{2i} , ϕ sono riportati nel capitolo della Misura della Sicurezza.

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 14/01/2008

e_{ai} è l'eccentricità definita al punto 7.2.6 del DM 14/01/2008

A8.7.7. CONDIZIONI DI CARICO

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

- 1) #1 G1
- 2) #2 G2
- 3) #3 Qn
- 4) #4 Vx
- 5) #5 Vy
- 6) #6 Q

Le combinazioni di carico di progetto considerate sono le seguenti:

- k) Combinazioni di carico di stato limite ultimo
- l) Combinazioni di carico di stato limite di esercizio
- m) Combinazioni di carico di stato limite di danno
- n) Combinazioni di carico di stato limite di operatività
- o) Combinazioni di carico geotecniche

RISULTATI DELLA ANALISI STATICA

Sulle struttura in esame è stata eseguita l'analisi statica. Nelle tabelle seguenti si riassumono le informazioni principali:

Larghezza della semibanda della matrice	24.000
Numero di equazioni, o di righe e colonne della matrice	72.000
numero di blocchi in cui la matrice è	1.000

stata divisa	
numero di equazioni di ogni blocco in cui la matrice è stata divisa	72.000
zero algoritmico	0.000
tempo in secondi impiegato per l'analisi	0.017

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 ω_n e ϕ_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, ω_n e ϕ_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.

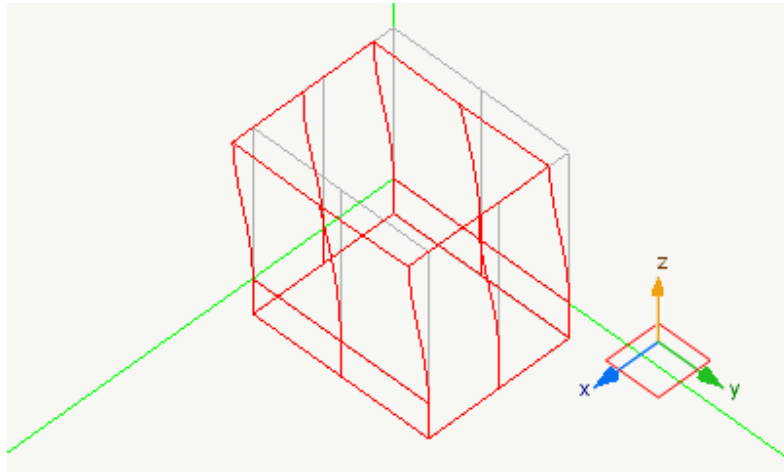
Il numero degli autovalori calcolati è pari a 6 e la tabella che segue contiene i valori dei periodi propri:

Modo	Periodo	Var. percentuale	Masse eccitate
1	0.212	0.00	49.960
2	0.167	21.13	0.000
3	0.157	6.03	50.000
4	0.107	31.93	0.000
5	0.082	23.53	0.000
6	0.055	32.18	0.040

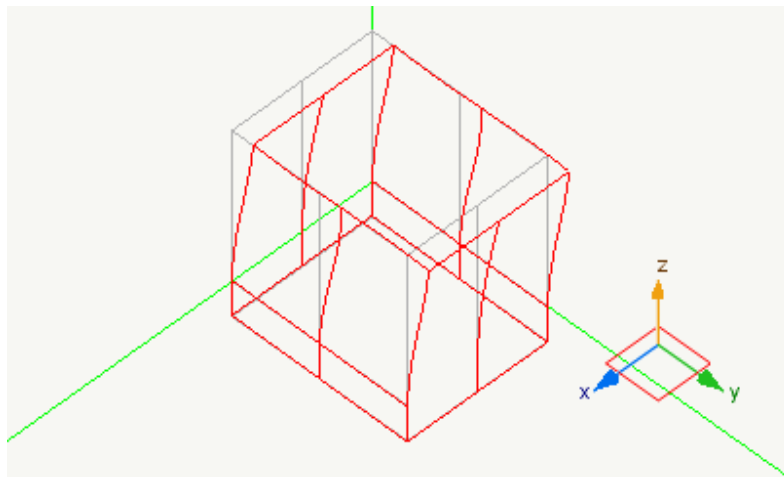
La somma delle masse relative eccitate dai modo considerati è il 100.000% delle masse totali maggiore del 85% della massa totale e quindi il punto 7.3.3.1 della normativa risulta verificato

Siccome la variazione percentuale minima tra i periodi nel modello con spostamento è del 6.030% 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 1.000
avente massa eccitata paria a 0.500*



*Rappresentazione della forma modale relativa al modo 3.000
avente massa eccitata paria a 0.500*

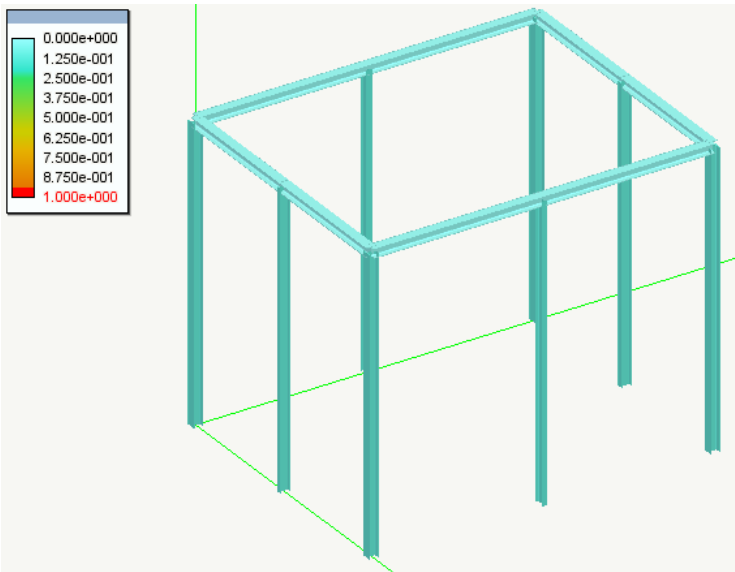
A8.7.8. Verifiche dello stato limite del danno

Per l'azione sismica di progetto di cui al punto 2.5.3. del DM 14/01/2008 dovrà essere verificato che gli spostamenti strutturali siano inferiori al $0.0067h$. (punto 7.3.7.2. DM14/01/2008).

Per la struttura in oggetto si hanno i seguenti valori:

Quota	Spostamento	Spost./Altezza
304.8	0.2068	0.00068932

Il valore massimo si ha in sommità e vale 0.0007 inferiore al valore limite di 0.0067

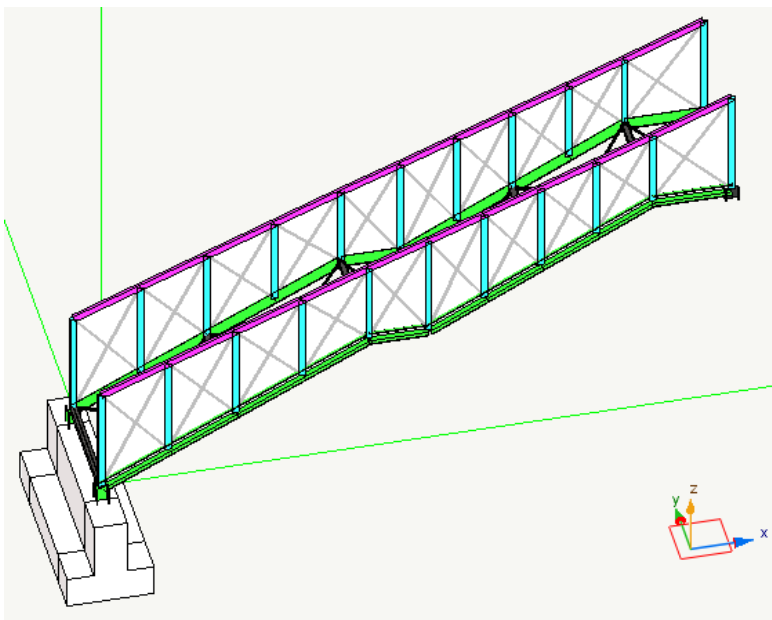


Tutti i dati ed i risultati dell'analisi della struttura sono riportati nel fascicolo dei calcoli.

A8.8 Scala di emergenza

A8.8.1 MODELLO STRUTTURALE

Il modello della struttura è tridimensionale e lo schema è il seguente:



Il modello è costituito da 50 nodi e da 148 elementi.

Nel modello vi sono:

128 elementi lineari a due nodi
 20 elementi piani a tre e quattro nodi

I nodi degli elementi piastra di fondazione di tipo Winkler hanno i seguenti vincoli:

	x	y	z
Traslazione	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rotazione	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

A8.4.2 CARICHI PERMANENTI E VARIABILI

Di seguito vengono riportati i carichi permanenti e variabili unitari agenti sui diversi solai della struttura. I carichi variabili sono in accordo con la tabella 3.1.II e l'incidenza dei divisori interni è valutata in accordo col P.to 3.1.3.1. del DM14/01/2008.

ACCIAIO

Peso proprio 7850 kg/mc

CALCESTRUZZO

Peso proprio 2500 kg/mc

Scala

G1 pp kg/mq
 G2 80 kg/mq
 Q 400 kg/mq

Vento 80 kg/mq

Lato sopravvento 100 kg/mq

carichi sui cosciali	quantità	G1	G2	Qn	
scala	0.90	pp	72	360	

Il vento viene considerato su entrambi i lati dei parapetti con coefficiente di forma pari a 1.20.

A8.8.3 AZIONE DA SISMA

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

Latitudine	Longitudine
43.863	11.084

Il sottosuolo è stato classificato di categoria B: Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille consistenti.

Il sottosuolo è stato classificato di categoria T1: superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con

inclinazione media $i = 15^\circ$.

La struttura dell'edificio è realizzata con Telaio più piani più campate ed è stata progettata con i criteri specifici della classe di duttilità bassa.

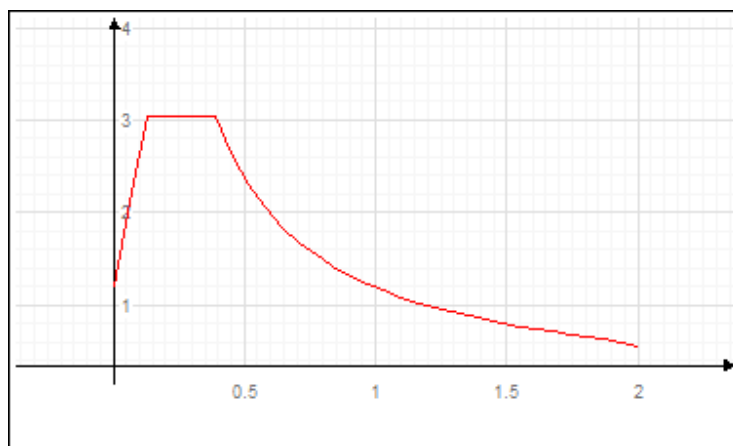
La struttura in esame per le sue particolarità è stata considerata dal progettista, non regolare in pianta e non regolare in elevazione.

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

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	68.805	0.000	0.000
Dinamica SLDh Y	SLDh	0.000	68.805	0.000
Dinamica SLVh X	SLVh	158.268	0.000	0.000
Dinamica SLVh Y	SLVh	0.000	158.268	0.000
Dinamica SLOh X	SLOh	56.508	0.000	0.000
Dinamica SLOh Y	SLOh	0.000	56.508	0.000

Sono stati impiegati i seguenti spettri di risposta:

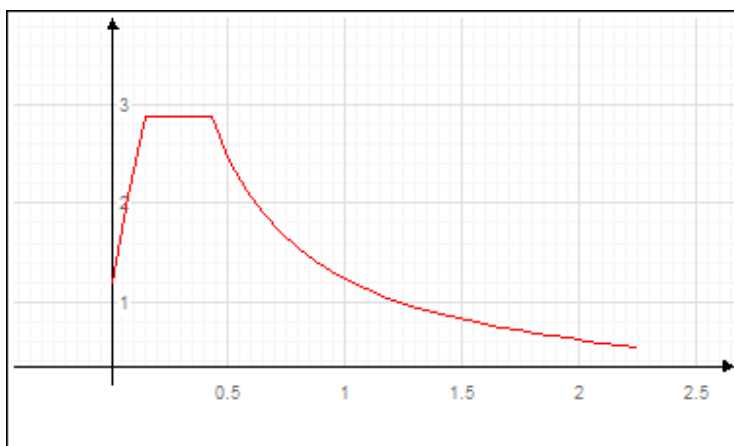


Spettro: SLDh.

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

Tipo	A_g/g	T_c	F_o	S	Fattore q
Stato Limite di Danno	0.070	0.273	2.543	1.200	1.000

dove: A_g/g è la accelerazione parametrica, t_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, $S=S_s \cdot S_c$ è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche.

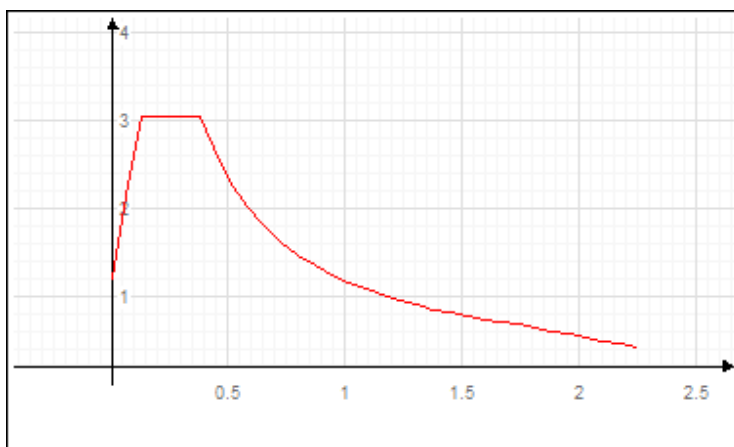


Spettro: SLVh.

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

Tipo	Ag/g	Tc	Fo	S	Fattore q
Stato Limite di salvaguardia della Vita	0.161	0.306	2.408	1.200	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: SLOh.

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

Tipo	Ag/g	Tc	Fo	S	Fattore q
Stato Limite di Operatività	0.058	0.266	2.549	1.200	1.000

dove: A_g/g è la accelerazione parametrica, t_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, $S=S_s*S_c$ è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche.

A8.8.4. AZIONE DEL VENTO E AZIONE SISMICA

Ritenendo che il vento non sia trascurabile rispetto all'azione sismica i valori sopra calcolati sono stati assegnati alla struttura mediante le opportune condizioni di carico descritte nella presente relazione.

In particolare per il vento si ha:

Zona 3

Classe di rugosità B

Categoria di esposizione IV

Coefficiente topografico 1.00

Coefficiente dinamico 1.00

Coefficiente di esposizione 1.63

Pressione cinetica di riferimento 45.6 kg/mq

Pressione del vento 80 kg/mq (arrotondato per eccesso)

A8.8.5. 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 50m.

In base a ciò il carico di neve al suolo $q_{sk}=100$ kg/mq.

Il carico neve sulla copertura q_s viene determinato come:

$$q_s = m * q_{sk} * C_E * C_t$$

in cui m 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° e 30° 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:

$$q_s = 0.80 * 100 = 80 \text{ kg/mq.}$$

A8.8.6 SISTEMA DI MASSE CORRISPONDENTI ALLE AZIONI STATICHE

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

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

ψ_{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 ψ_{2i} per ϕ .

I valori di ψ_{2i} , ϕ sono riportati nel capitolo della Misura della Sicurezza.

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 14/01/2008

e_{ai} è l'eccentricità definita al punto 7.2.6 del DM 14/01/2008

A8.7.7. CONDIZIONI DI CARICO

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

- 1) #1
- 2) #2
- 3) #3
- 4) #4 vento

Le combinazioni di carico di progetto considerate sono le seguenti:

- p) Combinazioni di carico di stato limite ultimo
- q) Combinazioni di carico di stato limite di esercizio
- r) Combinazioni di carico di stato limite di danno
- s) Combinazioni di carico di stato limite di operatività
- t) Combinazioni di carico geotecniche

RISULTATI DELLA ANALISI STATICA

Sulle struttura in esame è stata eseguita l'analisi statica. Nelle tabelle seguenti si riassumono le informazioni principali:

Larghezza della semibanda della matrice	60.000
Numero di equazioni, o di righe e colonne della matrice	286.000
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	286.000

zero algoritmico	0.000
tempo in secondi impiegato per l'analisi	0.050

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 ω_n e ϕ_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, ω_n e ϕ_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 30.000 e la tabella che segue contiene i valori dei periodi propri:

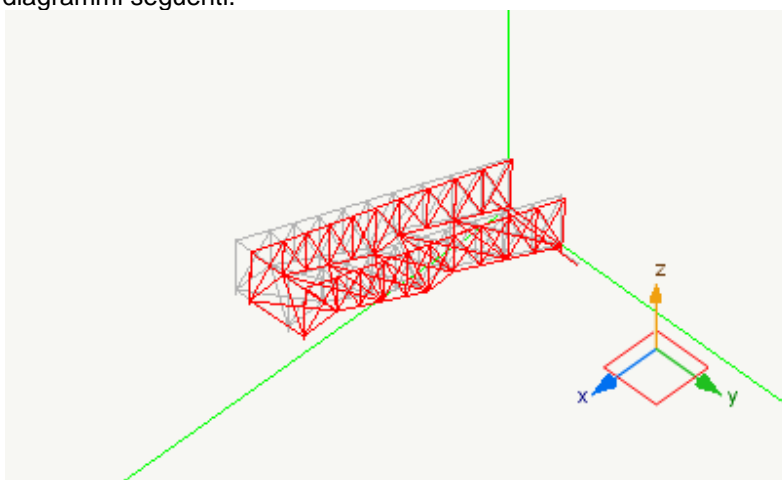
Modo	Periodo	Var. percentuale	Masse eccitate
1	0.467	0.00	37.754
2	0.147	68.48	0.000
3	0.131	11.41	2.399
4	0.123	5.59	0.000
5	0.114	7.32	3.381
6	0.101	11.43	1.109
7	0.095	5.94	0.000
8	0.088	7.63	0.435
9	0.083	6.12	46.267
10	0.077	7.21	0.000
11	0.068	10.81	2.017
12	0.067	1.70	0.111
13	0.064	5.37	0.000
14	0.061	3.50	0.080
15	0.060	2.44	0.000
16	0.057	3.88	0.003
17	0.055	3.58	0.000
18	0.048	14.03	0.000
19	0.046	3.37	0.008
20	0.046	0.76	0.000
21	0.043	5.47	0.001
22	0.043	1.15	0.000

23	0.033	21.79	0.000
24	0.033	0.35	0.058
25	0.032	2.76	0.125
26	0.029	10.86	0.000
27	0.027	5.26	0.001
28	0.026	5.50	0.000
29	0.025	2.16	0.007
30	0.023	7.18	0.392

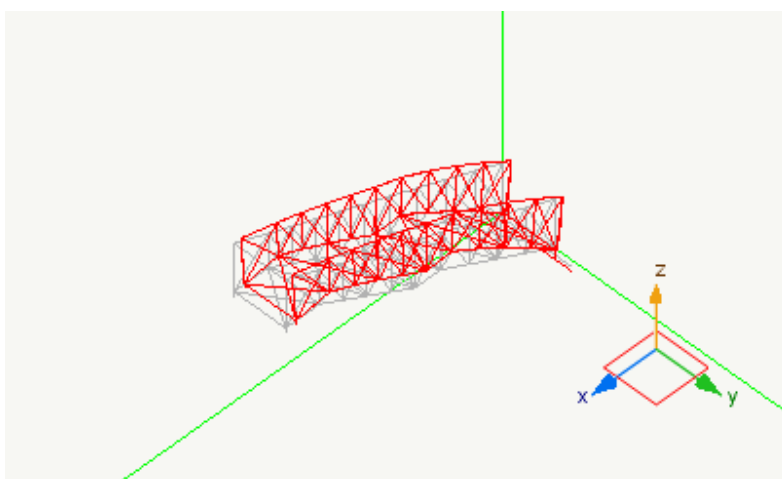
La somma delle masse relative eccitate dai modo considerati e' il 94.150% delle masse totali maggiore del 85% della massa totale e quindi il punto 7.3.3.1 della normativa risulta verificato

Siccome la variazione percentuale minima tra i periodi nel modello con spostamento è del 0.350% 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 1.000
avente massa eccitata paria a 0.378*



*Rappresentazione della forma modale relativa al modo 9.000
avente massa eccitata paria a 0.463*

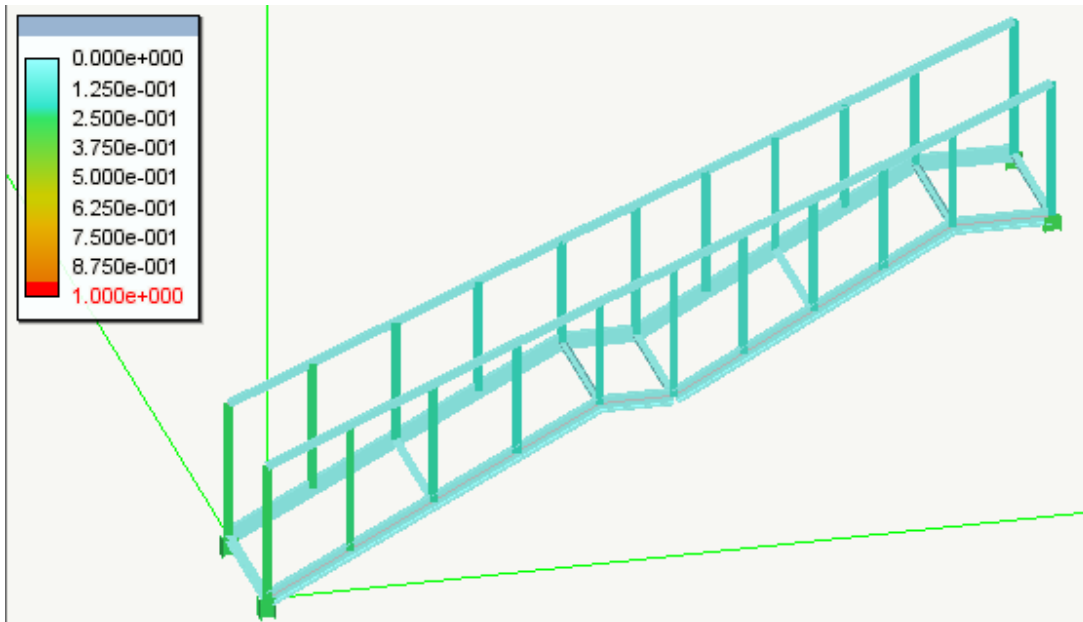
A8.7.8. Verifiche dello stato limite del danno

Per l'azione sismica di progetto di cui al punto 2.5.3. del DM 14/01/2008 dovrà essere verificato che gli spostamenti strutturali siano inferiori al 0.0067h. (punto 7.3.7.2. DM14/01/2008).

Per la struttura in oggetto si hanno i seguenti valori:

Quota	Spostamento	Spost./Altezza
0	0.041151	0.0017146
205	0.28314	0.0016655
385	0.038099	0.001905

Il valore massimo si ha in sommità e vale 0.0019 inferiore al valore limite di 0.0067



Tutti i dati ed i risultati dell'analisi della struttura sono riportati nel fascicolo dei calcoli.

A8.9. Metodologie di progetto e verifica delle membrature strutturali

ELEMENTI MONODIMENSIONALI IN CALCESTRUZZO

Il progetto e la verifica delle membrature strutturali monodimensionali, travi e pilastri, viene effettuata con il post-processore EasyBeam ed i risultati sono riportati nel fascicolo dei calcoli.

VERIFICHE DI RESISTENZA PER LO STATO LIMITE ULTIMO

Nei riguardi dello stato limite ultimo vengono eseguite le seguenti verifiche:

FLESSIONE

TAGLIO

TORSIONE

VERIFICHE PER LO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Si eseguono le seguenti verifiche allo stato limite di esercizio:
VERIFICHE DELLE TENSIONI ACCIAIO E CALCESTRUZZO
FESSURAZIONE

PROGETTO A TAGLIO PER AZIONI SISMICHE
DUTTILITÀ E CAPACITÀ DI SPOSTAMENTO
GERARCHIA DELLE RESISTENZE

I risultati sono riportati nell'allegato fascicolo dei calcoli.

ELEMENTI BIDIMENSIONALI IN CALCESTRUZZO

Il progetto e la verifica delle membrature strutturali bidimensionali, viene effettuata con il post-processore EasyWall ed i risultati sono riportati nel fascicolo dei calcoli.
Per le verifiche di resistenza si è adottato il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

VERIFICHE ALLO SLU

VERIFICA FLESSO-MEMBRANALE
VERIFICA A TAGLIO
VERIFICA A PUNZONAMENTO

VERIFICHE ALLO SLE

VERIFICA A FESSURAZIONE
VERIFICA TENSIONI CALCESTRUZZO E ACCIAIO

I risultati di tutte le verifiche sono riportati nell'allegato fascicolo dei calcoli.

ELEMENTI MONODIMENSIONALI IN ACCIAIO

VERIFICHE ALLO SLU

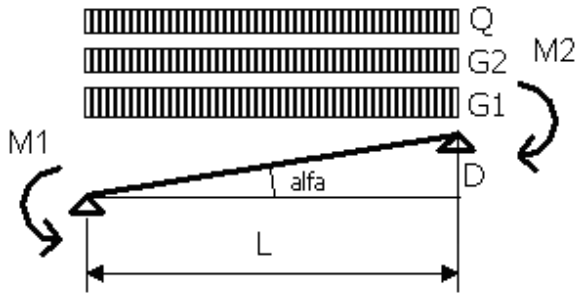
VERIFICA A TAGLIO Y
VERIFICA A TAGLIO Z
INSTABILITÀ A TAGLIO
INSTABILITÀ PRESSO-FLESSIONALE
INSTABILITÀ FLESSO-TORSIONALE
RESISTENZA ASSIALE-FLESSIONALE

A8.4.15 Calcolo degli elementi secondari

Alcuni elementi della struttura sono stati considerati come secondari nel senso che, anche se eventualmente inseriti nel modello per tener conto degli effetti in modo più appropriato, vengono poi calcolati separatamente. In particolare:

SCALE

Il calcolo delle rampe delle scale, interne ed esterne, in calcestruzzo armato viene effettuato secondo lo schema statico seguente di trave appoggiata soggetta a carichi distribuiti:

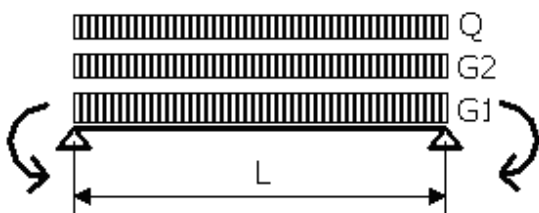


Carichi applicati
 $G1 = 2500 \text{ kg/mc}$
 $G2 = 100 \text{ kg/mq}$
 $Q = 400 \text{ kg/mq}$

I risultati sono riportati nell'allegato fascicolo dei calcoli.

SOLAI

Il calcolo dei solai in latero-cemento viene effettuato considerando lo schema statico seguente di trave appoggiata soggetta ai carichi distribuiti:



Il calcolo è stato effettuato per tutte le varie possibilità di carico seguenti:

Solaio tipo	G1	G2	Q
Piano terra	400	215	400
Piano terra con tramezzi	400	415	400
Piano terra zona bagni	400	665	400
Piano primo copertura mensa	400	140	300
Piano primo tramezzi	400	400	400
Piano primo	400	200	400

Solaio copertura	400	140	80
------------------	-----	-----	----

I risultati sono riportati nell'allegato fascicolo dei calcoli.

Studio Tecnico
Ing. Massimiliano Begliomini
Piazza Monteoliveto 6/a
tel: 0573992927 – cell. 3.93913e+009
Email: mbegliomini@interstudio.net



Progetto:
AMPLIAMENTO SCUOLA PRIMARIA DI CAFAGGIO “Laura Poli”

Fase:
PROGETTO ESECUTIVO

A13 Piano di manutenzione delle strutture

A13.1 Descrizione del fabbricato e delle finiture

Trattasi di progetto di ampliamento della scuola primaria “Laura Poli”, situata in Comune di Prato, località Cafaggio, Via Miliotti.

L’ampliamento sarà realizzato mediante la costruzione di un edificio disposto su due livelli fuori terra, in particolare piano terra e primo, oltre ad un piano interrato disposto solo su una porzione. La pianta dell’ampliamento, piuttosto articolata, è compresa in un rettangolo di dimensioni di circa 36mx43m, l’altezza massima è di circa 9.00m. Sarà distanziato dall’edificio esistente per mezzo di un giunto tecnico.

Indipendenti dal nuovo fabbricato saranno realizzati un locale tecnico, di dimensioni in pianta 3.60x3.80 ed altezza 3.00m, ed una tettoia con copertura a vetri che costituirà il nuovo ingresso del complesso scolastico.

Sarà realizzata anche una scala in acciaio esterna che costituisce una via d’esodo in caso di necessità.

La struttura principale in calcestruzzo armato sarà così costituita:

- platea di fondazione di spessore 50cm, posta su magrone di spessore minimo 10cm; la platea avrà due piani di posa uno a -120cm dalla quota 0.00, e l’altro a quota -320 dallo 0.00;
- pareti interrate in calcestruzzo armato di spessore 35cm, con altezza che varia in funzione della loro posizione;
- solai in latero-cemento di altezza pari a $30+5=35$ cm; visto la forma della pianta e la disposizione delle travi, si utilizzano blocchi in laterizio del tipo “volterrana” da accoppiarsi in opera per la formazione delle nervature resistenti; in questo caso è richiesta la cassatura andante del solaio che garantisce anche una maggior sicurezza contro gli infortuni;
- travi e pilastri di varie dimensioni;
- scale in calcestruzzo armato, interna per l’accesso al piano primo ed esterna per l’accesso al seminterrato;

Le costruzioni in acciaio di completamento dell’ampliamento sono:

- scala in acciaio esterna per la via di esodo, formata da profilati UNP accoppiati e gradini prefabbricati con grigliati antitacco; la scala avrà una fondazione in calcestruzzo armato a trave rovescia collegata alle pareti per mezzo di cordoli in calcestruzzo armato; sul modello principale sono state considerate solo le azioni verticali agenti sulla mensola di appoggio; il calcolo della scala è stato effettuato come se fosse isolata e vincolata alla mensola con carrelli;
- locale tecnico con struttura portante in acciaio, formata da profilati HEA100, fondazioni a travi rovescia, pareti di tamponamento e copertura con pannelli sandwich; il solaio di calpestio sarà in latero-cemento tipo bausta di altezza $16+4=20$ cm; la struttura è indipendente dal fabbricato ed è stata calcolata con un modello proprio;
- tettoia di ingresso in acciaio formata da colonne tubolari $\varnothing 160/10$ e struttura portante della copertura formata da profilati HEB160 atti a sopportare la struttura secondaria su cui appoggeranno i telaietti che contengono i vetri; anche in questo caso la struttura è stata considerata indipendente e calcolata con un modello proprio.

Le strutture di fondazione saranno protette dall’acqua mediante impermeabilizzazione.

Le strutture portanti interrate, pareti contro terra, saranno protette dal contatto diretto mediante guaina impermeabilizzante e soprastante guaina di protezione tipo platoon o simili.

Le strutture portanti fuori terra, travi e pilastri, saranno tutte intonacate.

La struttura di copertura sarà protetta all’estradosso, oltre che dal manto di copertura, con una guaina impermeabilizzante per evitare che l’acqua penetri nel solaio.

A13.2 Manutenzioni

Per una corretta manutenzione del fabbricato, in termini di durabilità, definita come conservazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali e delle strutture, essenziale affinché i livelli di sicurezza vengano mantenuti durante tutta la vita dell'opera, la Committenza deve periodicamente accertarsi dello stato di manutenzione del fabbricato.

Gli accertamenti devono essere eseguiti con cadenza regolare, che per una struttura come quella in oggetto può essere stabilita in 2-3 anni, avendo cura di ispezionare "a vista" e se necessario attraverso anche indagini distruttive e non, sia le strutture che le finiture che le proteggono. In particolare l'ispezione delle strutture sarà mirata alla ricerca di:

- presenza di un quadro fessurativo che esuli dalle normali fessure dovute al ritiro del calcestruzzo in fase di maturazione;
- presenza di distacchi di parte superficiale delle opere in calcestruzzo che comportino l'esposizione all'ambiente aggressivo dei ferri di armatura;
- presenza di fenomeni di risalita dell'umidità;
- presenza di infiltrazioni per le strutture interrate e di copertura;
- presenza di avvallamenti della superficie di calpestio;
- presenza di eccesso di vibrazioni o emissioni sonore delle strutture sotto carico;
- fenomeni di deterioramento e di degrado dei materiali, tipo corrosione superficiale degli elementi;
- fenomeni di dissesto delle strutture dovuti a cedimenti differenziali o cause esterne che alterano la normale configurazione della struttura;
- fenomeni di imbozzamento o di deformazione plastica degli elementi costruttivi;
- anomalie nelle giunzioni bullonate tipo: allentamento del serraggio delle bullonature, corrosione, rifollamento e strappamento delle lamiere congiunte;
- anomalie nelle giunzioni saldate tipo: corrosione, formazione di cricche, interruzione o rottura dei cordoni di saldatura;

Gli interventi di manutenzione saranno:

- riparazioni localizzate superficiali delle parti strutturali, da effettuare anche con materiali speciali con eventuale sostituzione degli elementi corrosi o degradati in modo irreparabile;
- ripristino di parti strutturali in calcestruzzo armato da eseguire anche con materiali speciali;
- protezione dei calcestruzzi da azione disgreganti (gelo, Sali solventi, ambiente aggressivo, ecc.) con eventuale applicazione di film protettivi;
- sostituzione degli elementi strutturali, deformati o imbozzati o che comunque hanno perso le caratteristiche geometriche e meccaniche richieste in progetto;
- serraggio delle giunzioni bullonate;
- rimozione di ossidazioni presenti nelle saldature e rimozione delle saldature difettose e realizzazione di nuove saldature;
- consultare tecnico abilitato in caso di quadro fessurativo in rapida evoluzione o interventi che vadano a variare dimensioni strutturali o carichi applicati.

L'esito di ogni ispezione deve formare oggetto di uno specifico rapporto da conservare insieme alla relativa documentazione tecnica. A conclusione di ogni ispezione, inoltre, il tecnico incaricato deve, se necessario, indicare gli eventuali interventi a carattere manutentorio da eseguire ed esprimere un

giudizio riassuntivo sullo stato d'opera.

I metodi di intervento dovranno essere individuati caso per caso ma comunque si effettueranno sempre secondo le normali regole dell'arte.

Il Progettista