

COMUNE DI CAVE

Città Metropolitana di Roma Capitale



C						
B						
A						
0	SETTEMBRE 2022	Emlsstone				
REV.	DATA	EMISSIONE/AGGIORNAMENTO	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Progetto

LAVORI PER IL CONSOLIDAMENTO VERSANTE TRA VIA PRENESTINA VECCHIA E NUOVA IN CORRISPONDENZA DI VILLETTA ORTENZIA E ANNESSI INTERVENTI STRUTTURALI

CUP: J63H20000060001 CIG: 86583074F7

PROGETTO ESECUTIVO

EXUP

EXUP s.r.l.

via S. Pertini, 12 - 06019 Umbertide (PG)
tel. 075 941 58 71
info@exup.it - www.exup.it



UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
UNI ISO 45001:2018

Sodo N.887

oice

ASSOCIATO

Nome file	Commessa 21050	Scala /	Elab e-RE
-----------	-------------------	------------	--------------

Oggetto

RELAZIONI

Relazione di calcolo strutturale e fascicolo dei calcoli di stabilità

Tav

05

INDICE

1. RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE.....	2
1.1. OGGETTO.....	2
1.2. RELAZIONE DI CALCOLO.....	2
1.2.1. Valutazione della sicurezza strutturale per meccanismi locali – STATO DI FATTO.....	2
1.2.1.1. Analisi dei carichi.....	2
1.2.1.1.1. Valutazione del carico neve – Assenza di accumulo.....	2
1.2.1.1.2. Valutazione dell'azione del vento.....	2
1.2.1.1.3. Solaio S01 (Volta in pietra. – acc. Cat. B2)	3
1.2.1.1.4. Solaio S07 (Copertura in legno – acc. Cat. Neve).....	3
1.2.1.2. Determinazione dell'azione sismica di progetto.....	3
1.2.1.2.1. Vita nominale della costruzione	3
1.2.1.2.2. Classe d'uso.....	3
1.2.1.2.3. Periodo di riferimento per l'azione sismica	3
1.2.1.2.4. Ubicazione dell'opera.....	3
1.2.1.2.5. Categoria di sottosuolo di fondazione.....	4
1.2.1.2.6. Analisi eseguite e fattore di comportamento adottato.....	16
1.2.1.3. Modello di calcolo strutturale.....	16
1.2.1.3.1. Codice di calcolo agli E.F. utilizzato.....	16
1.2.1.3.2. Descrizione del modello di calcolo strutturale.....	17
1.2.1.3.3. Condizioni di carico elementari.....	19
1.2.1.3.4. Combinazioni condizioni di carico.....	19
1.2.1.4. Caratteristiche meccaniche dei materiali esistenti	20
1.2.1.5. Coefficienti parziali di sicurezza per verifiche sismiche	21
1.2.1.6. Risultati dell'analisi cinematica.....	22
1.2.1.6.1. Verifica stato attuale	22
1.2.1.6.2. Verifica stato di progetto	24
1.2.1.7. Verifica strutturale micropali di fondazione	28
1.2.1.8. verifica a flessione del cordolo di fondazione.....	29
1.2.1.9. verifica a taglio del cordolo.....	30
2. FASCICOLO DEI CALCOLI.....	32
2.1. STATO DI FATTO	33
2.1.1. ANALISI LOCALE.....	33
2.1.1.1. DATI DI INPUT	33
2.2. STATO DI PROGETTO	39
2.2.1. ANALISI LOCALE.....	39

1. RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

1.1. OGGETTO

La presente relazione si riferisce al progetto ESECUTIVO delle opere strutturali di *riparazione e intervento locale dell'edificio denominato Villa ortenzia* sito in Via Prenestina Nuova a Cave di Roma.

Il progetto elaborato consente, a seguito della messa in opera degli interventi proposti, il consolidamento statico e il raggiungimento di un livello di sicurezza per i cinematismi dato dal rapporto ζ_E tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e quella che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione pari a:

$$\zeta_E = 1$$

Ai sensi del § 8.4.3 del D.M. 17 gennaio 2018 e del § C8.4.3 della Circolare del C.S.LL.PP. n.7 del 21/01/2019 esplicativa l'intervento si definisce come un intervento di riparazione o intervento locale.

L'intervento previsto per il fabbricato ad uso pubblico riguarda singole parti e/o elementi della struttura. La valutazione della sicurezza, ed il progetto di intervento, possono essere riferiti alle sole parti interessate, documentando le carenze strutturali riscontrate e dimostrando che non vengano prodotte sostanziali modifiche al comportamento di altre parti della struttura.

1.2. RELAZIONE DI CALCOLO

1.2.1. Valutazione della sicurezza strutturale per meccanismi locali – STATO DI FATTO

1.2.1.1. Analisi dei carichi

1.2.1.1.1. Valutazione del carico neve – Assenza di accumulo

$$q_s = \mu_i \times q_{sk} \times C_E \times C_t = 0.7 \text{ kN/m}^2$$

$q_{sk} \Rightarrow$ valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo

- Cave di Roma (RM) \Rightarrow Zona III
- $a_s (h_{s.l.m.}) \Rightarrow 360 \text{ m } (> 200 \text{ m})$

$$q_{sk} = 0.51 \times [1 + (360/481)^2] = 0.88 \text{ kN/m}^2$$

$C_E \Rightarrow$ coefficiente di esposizione

$C_E = 1$ (Area con esposizione normale)

$C_t \Rightarrow$ coefficiente termico

$$C_t = 1$$

$\mu_i \Rightarrow$ coefficiente di forma

- copertura a una falda

$$0^\circ < \alpha < 30^\circ$$

$$\mu_i = 0.8$$

1.2.1.1.2. Valutazione dell'azione del vento

Non viene considerata in quanto sulla struttura in esame induce effetti trascurabili rispetto a

quelli dovuti all'azione sismica.

1.2.1.1.3. Solaio S01 (Volta in pietra. – acc. Cat. B2)

Permanenti

- peso proprio	= 8.20 kN/m ² (G ₁)
Pietra	= 2.20 kN/m ²
Riempimento alleggerito (80 cm)	= 4.80 kN/m ²
Soletta c.a.	= 1.20 kN/m ²
- sovracc. permanente	= 1.20 kN/m ² (G ₂)
Massetto (s=4 cm)	= 0.80 kN/m ²
Pavimento	= 0.40 kN/m ²

Accidentali (biblioteche-Cat.E1) = 6.00 kN/m² (Q_i)

1.2.1.1.4. Solaio S07 (Copertura in legno – acc. Cat. Neve)

Permanenti

- peso proprio	= 0.60 kN/m ² (G ₁)
Incidenza travi	= 0.45 kN/m ²
Incidenza travetti	= 0.10 kN/m ²
Pianelle (s=3cm)	= 0.60 kN/m ²
- sovracc. permanente	= 1.40 kN/m ² (G ₂)
caldana	= 0.60 kN/m ²
guaina	= 0.10 kN/m ²
Coppi	= 0.70 kN/m ²

Accidentali (neve ≤ 1000 m s.l.m.) = 0.7 kN/m² (Q_i)

1.2.1.2. Determinazione dell'azione sismica di progetto

1.2.1.2.1. Vita nominale della costruzione

- $V_N \geq 50$ anni \Rightarrow "Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale" - Tab. 2.4.I, punto 2, D.M. 17/01/2018.

1.2.1.2.2. Classe d'uso

- Classe III \Rightarrow "Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi."

1.2.1.2.3. Periodo di riferimento per l'azione sismica

- $V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1,5 = 75$ anni

$\Rightarrow C_U = 1.5$ per Classe d'uso III - Tab. 2.4.II, D.M. 17/01/2018.

1.2.1.2.4. Ubicazione dell'opera

Al fine della determinazione dei parametri di sito, è necessaria la conoscenza dell'ubicazione dell'opera. Nel caso in oggetto le coordinate del sito di costruzione risultano:

\Rightarrow Ubicazione fabbricato: 12.927567° E - 41.821236° N (coord. ED50)

1.2.1.2.5. Categoria di sottosuolo di fondazione

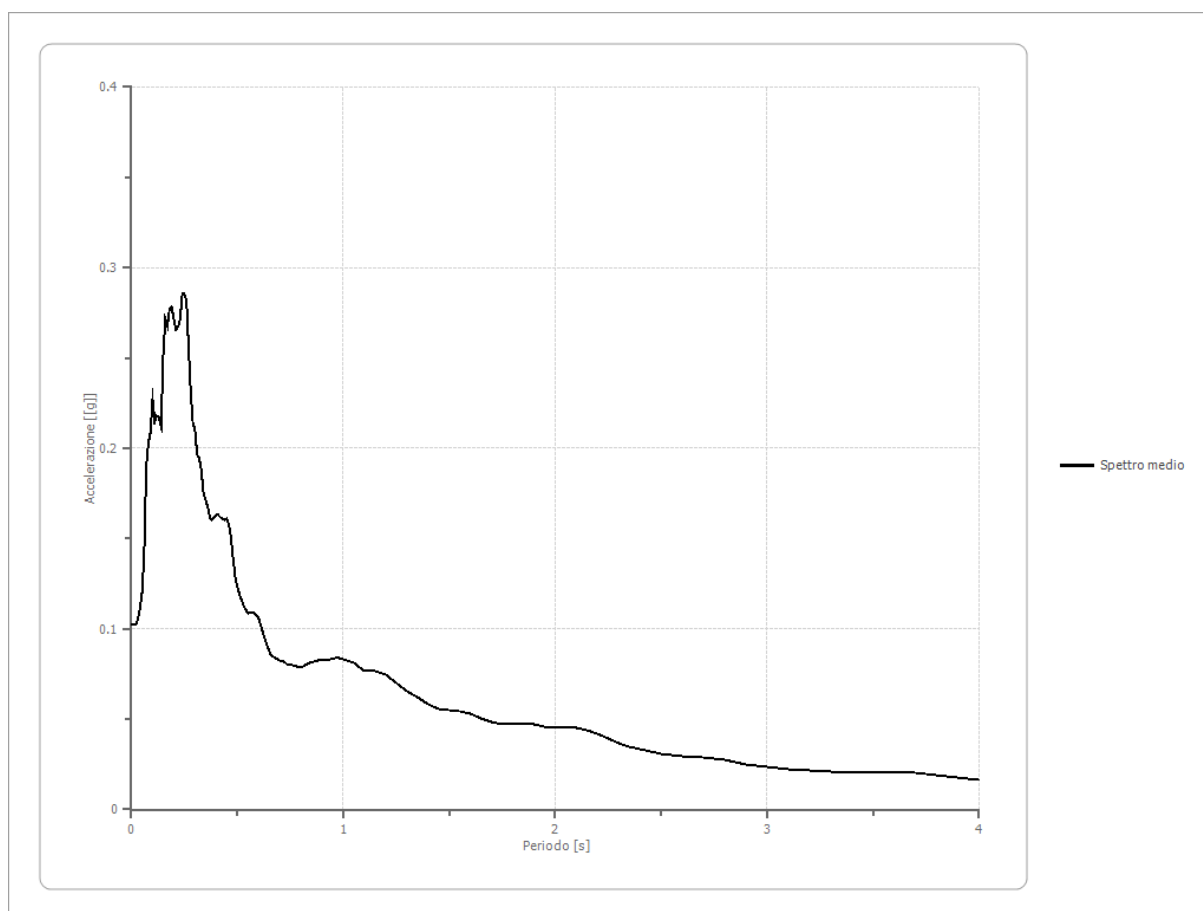
Il Dott. Geol. Paolo Baglini, ha condotto uno studio finalizzato a definire il modello geologico, litotecnico e sismico di sito (e locale) per effettuare la prescritta analisi di risposta sismica locale (DGR Lazio 493/2019) per l'area in cui insiste l'opera in oggetto.

NOTA: per quanto riguarda le analisi strutturali, il programma di calcolo utilizzato (Aedes PCM) consente di inserire i parametri significativi (F_0 , a_{max} , T_c) relativi agli spettri medi di output normalizzati ricavati dallo studio di risposta sismica locale. Tale operazione è stata eseguita per tutti gli stati limite analizzati (SLV, SLD, SLO).

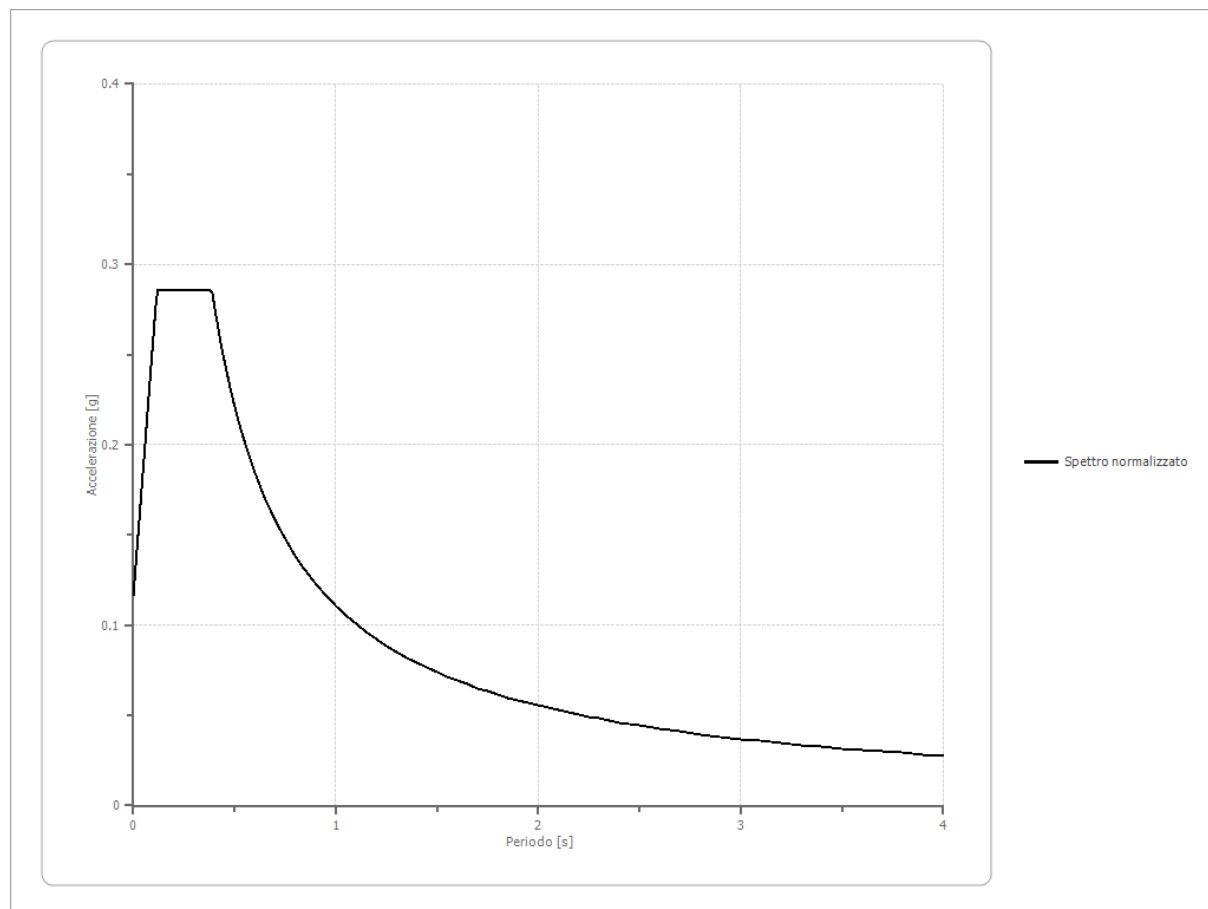
SLO Fattori di amplificazione

Tai	0.240 [s]
Tvi	2.200 [s]
Tao	0.240 [s]
Tvo	2.200 [s]
Sami	1.608 [m/s ²]
Svmi	0.110 [m/s]
Samo	2.343 [m/s ²]
Svmo	0.147 [m/s]
Fa	1.457 [-]
Fv	1.340 [-]
TB	0.116 [s]
TC	0.388 [s]
TD	1.872 [s]
SA(0)	0.116 [g]
SA(TB)	0.285 [g]

Spettro medio di risposta elastico

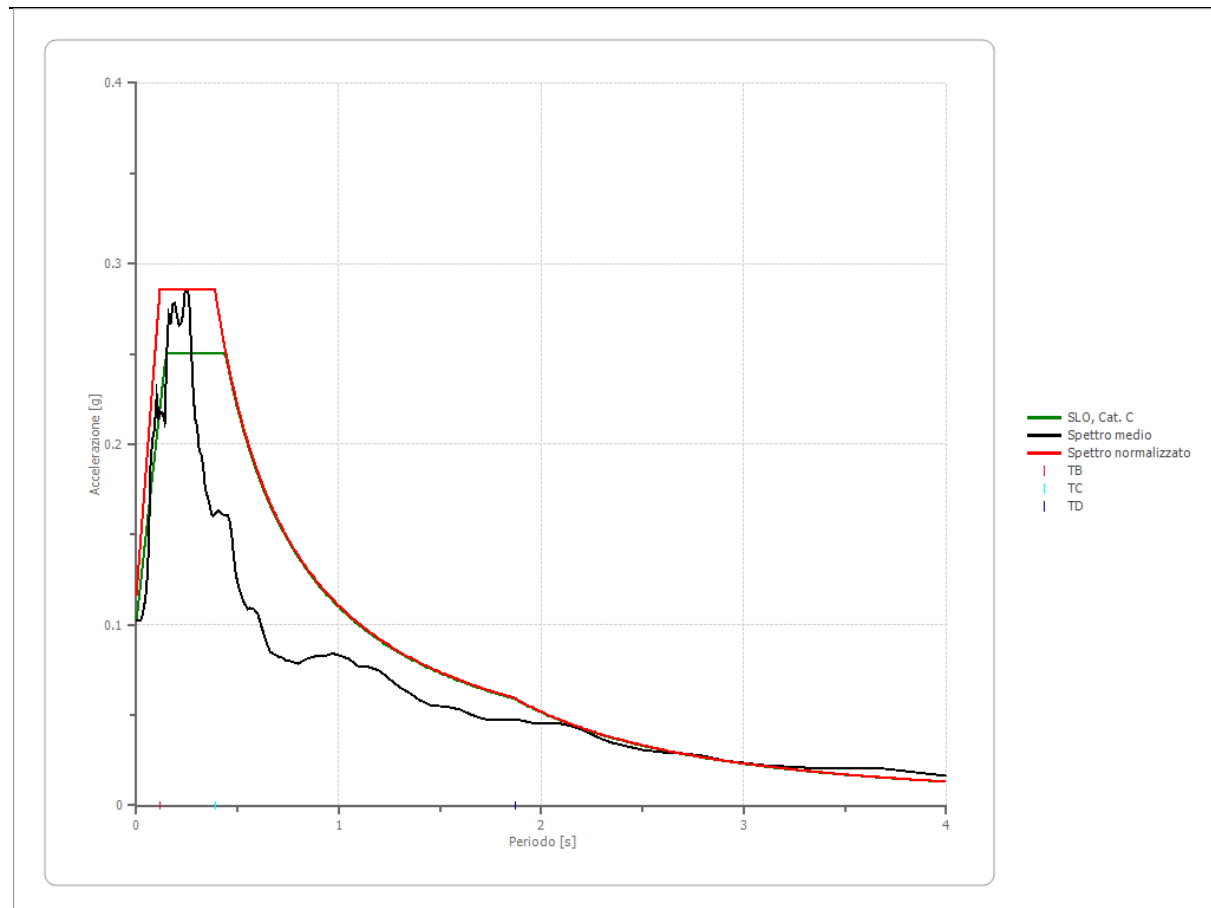


Spettro normalizzato di risposta elastico



Parametri spettro normalizzato

Agmax [g]	Ag [g]	S	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.116	0.068	1.705	2.453	--	0.116	0.388	1.872	0.116	0.285



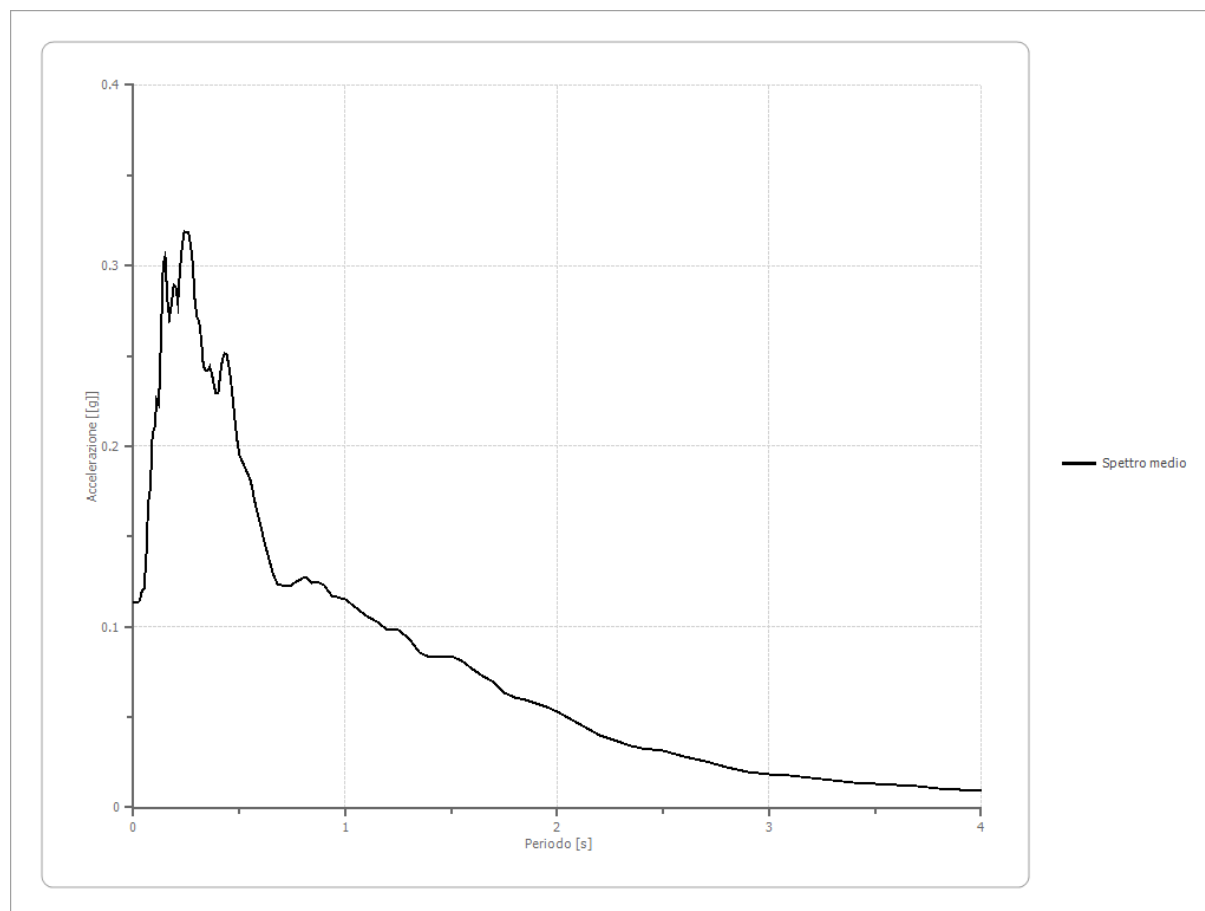
VILLINO ORTENSIA
SLD
Fattori di amplificazione

Tai	0.270 [s]
Tvi	2.000 [s]
Tao	0.240 [s]
Tvo	1.500 [s]
Sami	1.948 [m/s ²]
Svmi	0.143 [m/s]
Samo	2.768 [m/s ²]
Svmo	0.208 [m/s]
Fa	1.421 [-]
Fv	1.450 [-]
TB	0.116 [s]
TC	0.388 [s]
TD	1.936 [s]
SA(0)	0.130 [g]

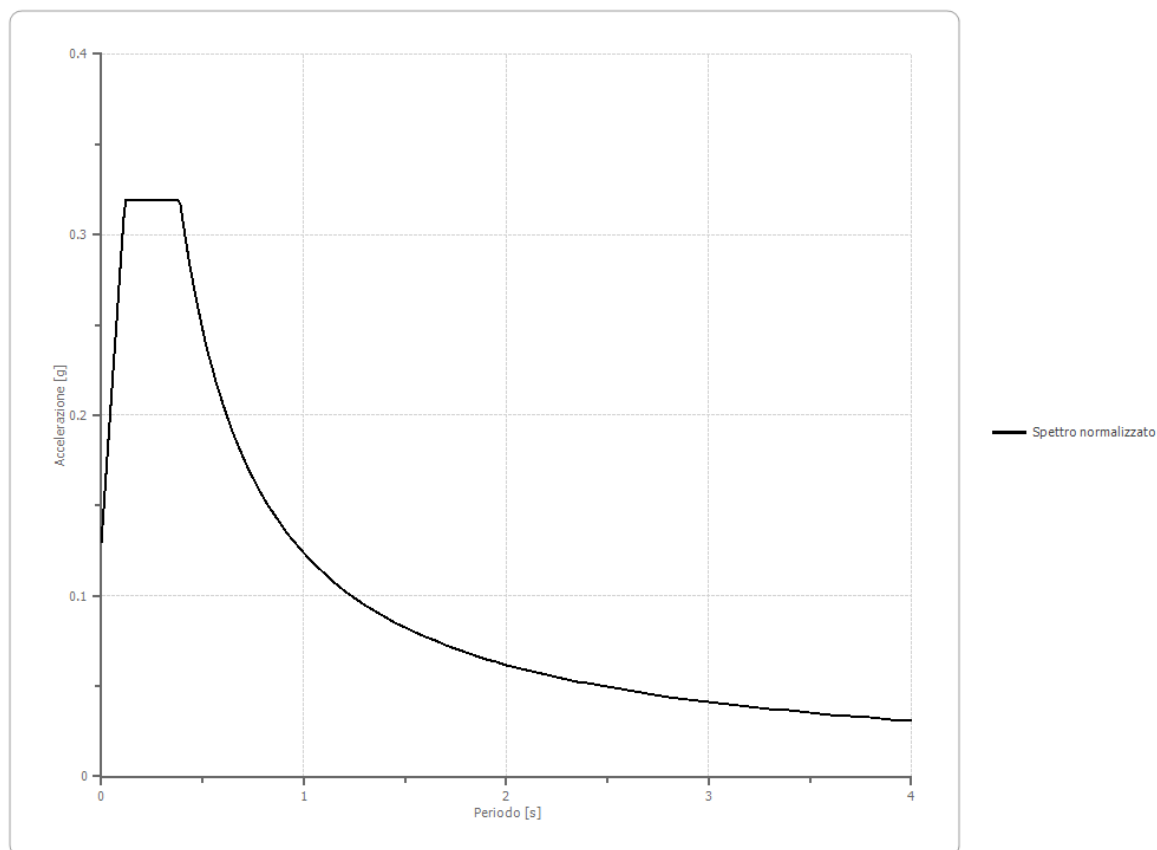
SA(TB)

0.319 [g]

Spettro medio di risposta elastico



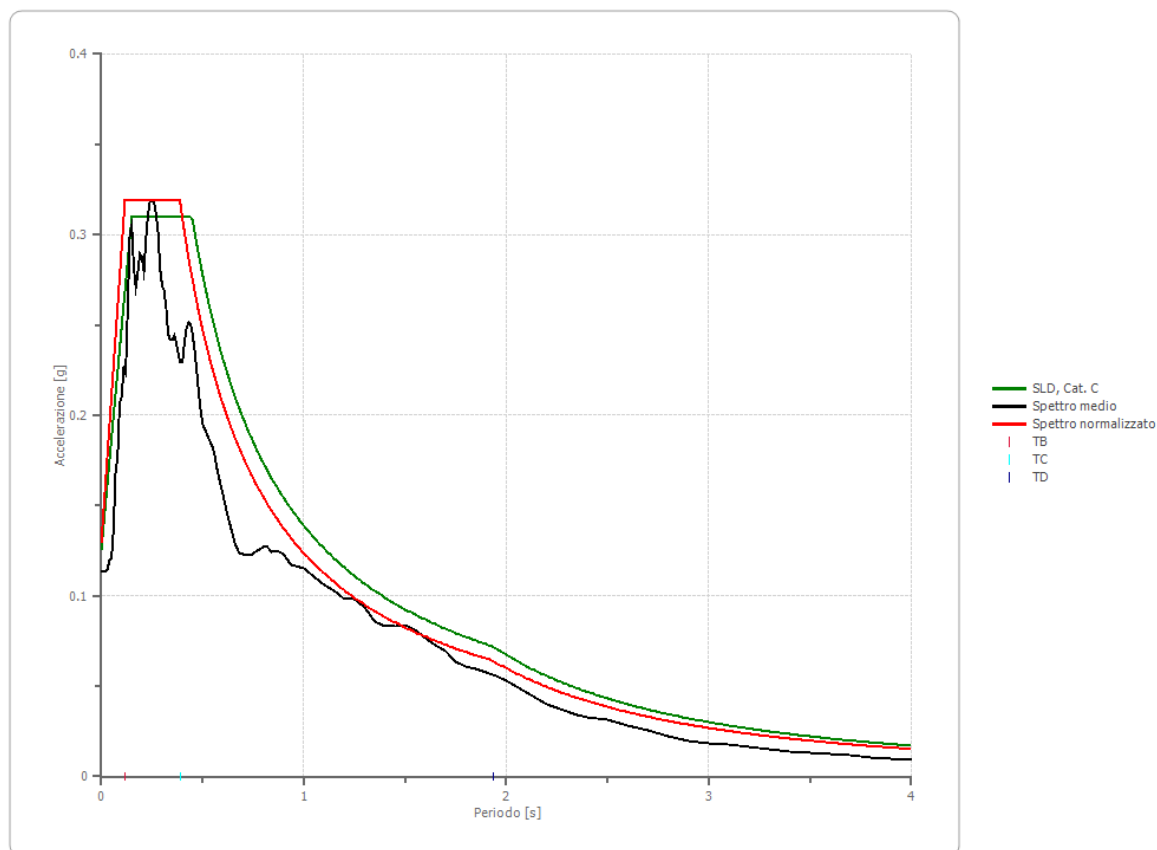
Spettro normalizzato di risposta elastico



Parametri spettro normalizzato

Agmax [g]	Ag [g]	S	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.130	0.084	1.547	2.456	--	0.116	0.388	1.936	0.130	0.319

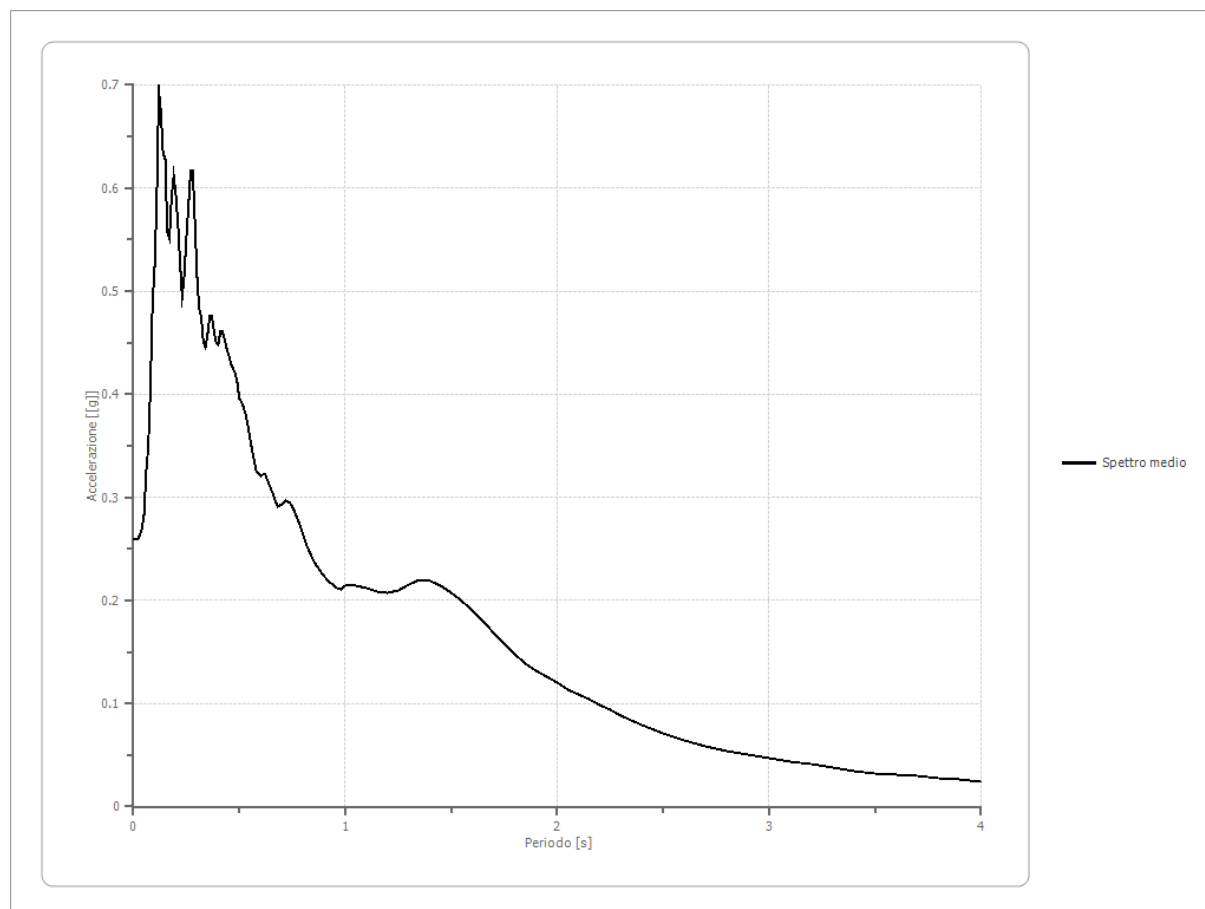
Confronto spettro normativa



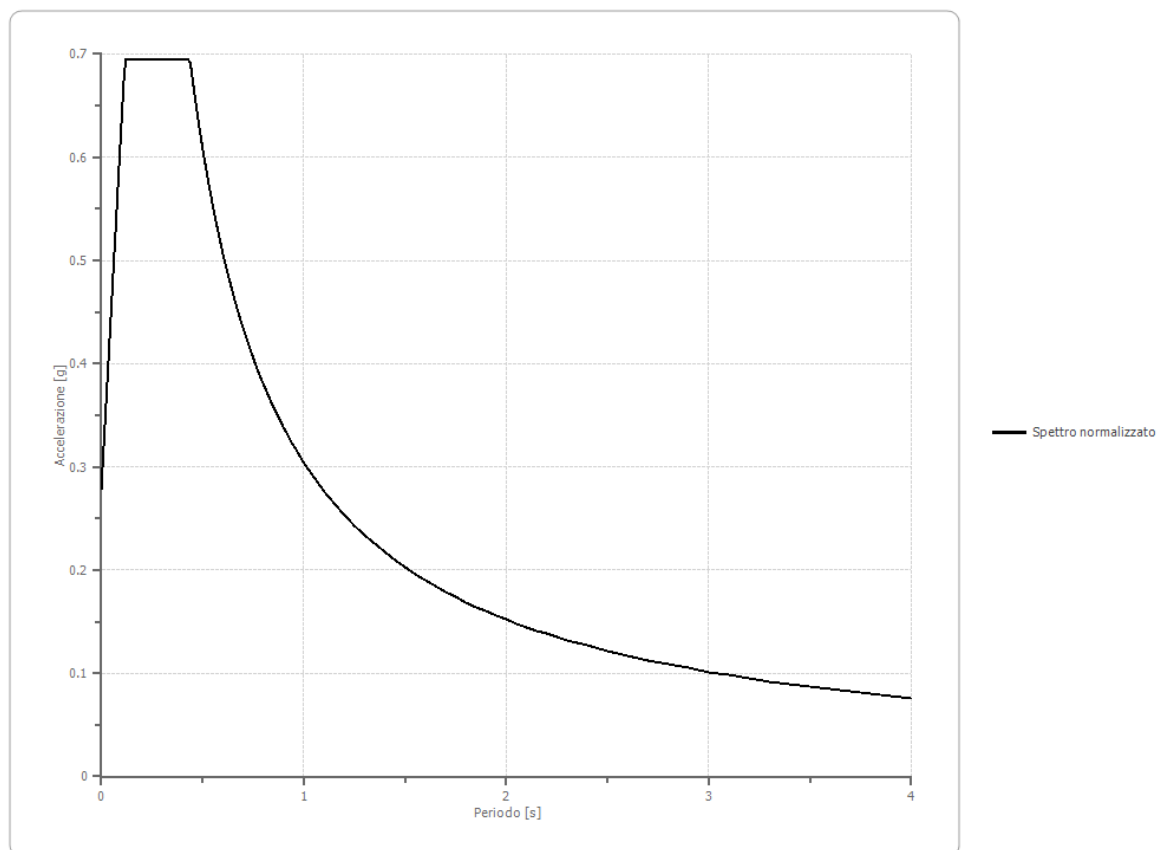
SLV Fattori di amplificazione

Tai	0.120 [s]
Tvi	1.650 [s]
Tao	0.120 [s]
Tvo	1.600 [s]
Sami	4.111 [m/s ²]
Svmi	0.359 [m/s]
Samo	5.349 [m/s ²]
Svmo	0.501 [m/s]
Fa	1.301 [-]
Fv	1.396 [-]
TB	0.116 [s]
TC	0.438 [s]
TD	2.344 [s]
SA(0)	0.279 [g]
SA(TB)	0.694 [g]

Spettro medio di risposta elastico



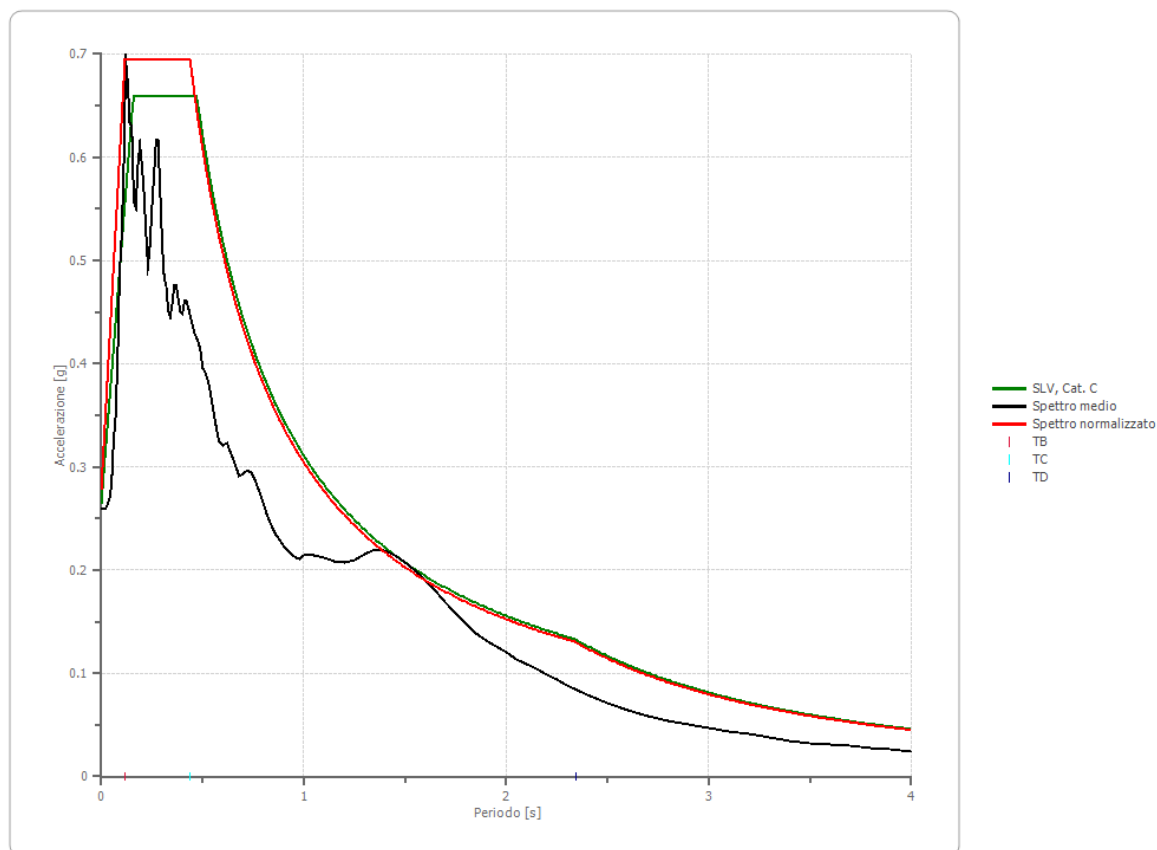
Spettro normalizzato di risposta elastico



Parametri spettro normalizzato

Agmax [g]	Ag [g]	S	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.279	0.186	1.5	2.490	--	0.116	0.438	2.344	0.279	0.694

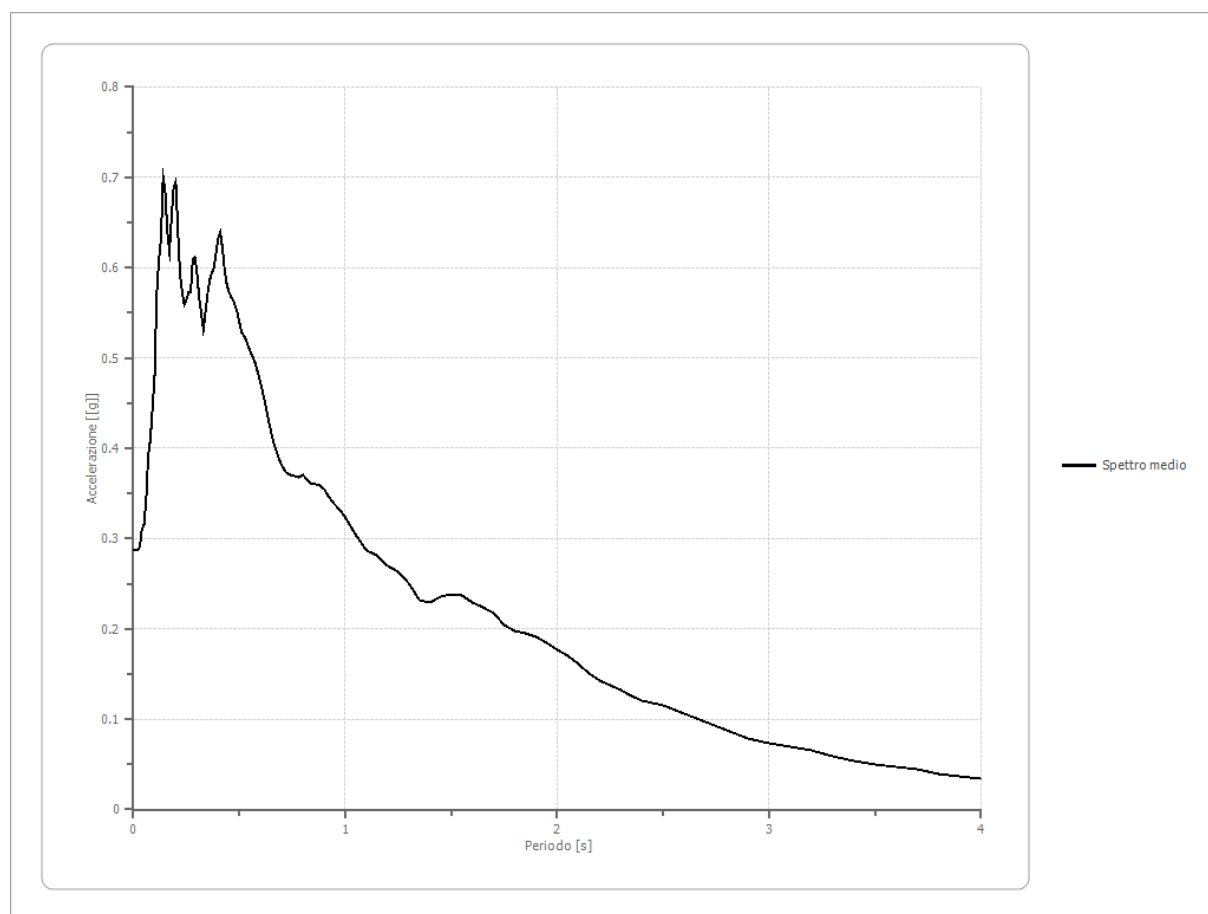
Confronto spettro normativa



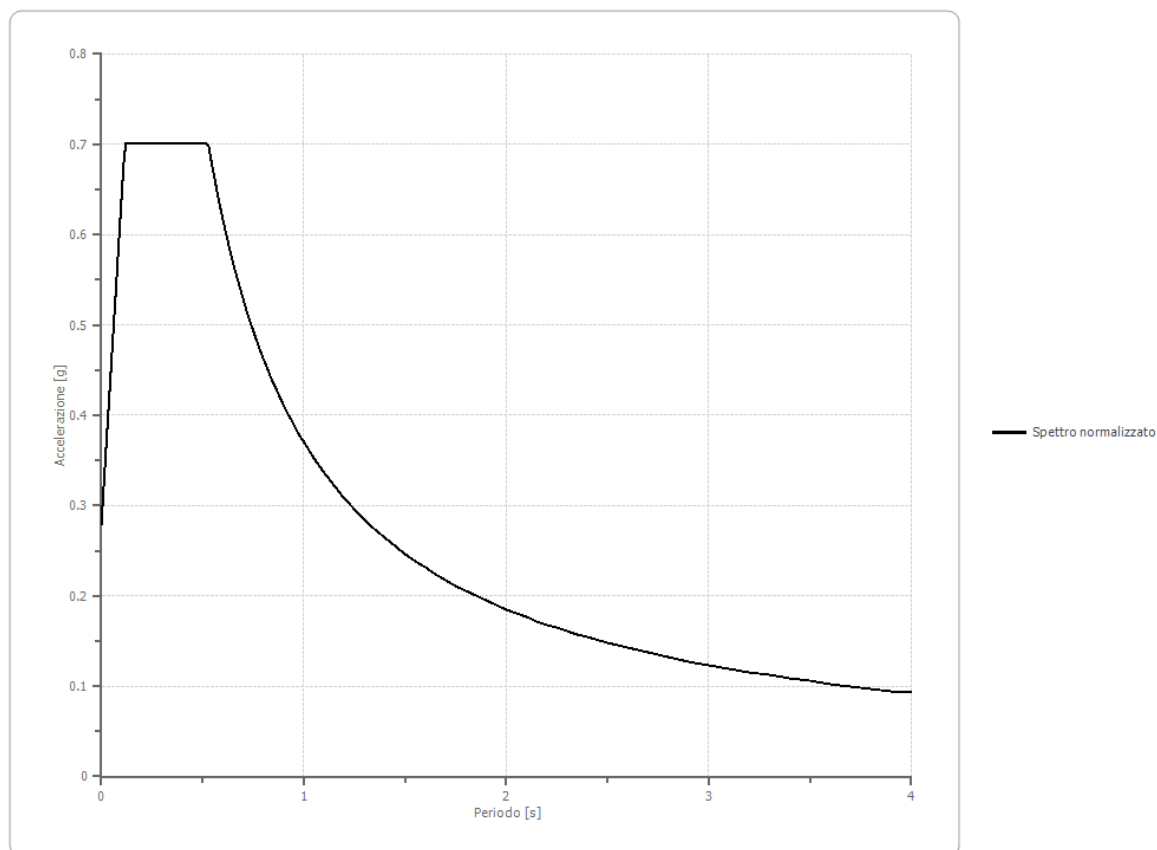
VILLA ORTENSIA SLC Fattori di amplificazione

Tai	0.200 [s]
Tvi	2.100 [s]
Tao	0.140 [s]
Tvo	1.900 [s]
Sami	4.841 [m/s ²]
Svmi	0.442 [m/s]
Samo	5.849 [m/s ²]
Svmo	0.606 [m/s]
Fa	1.208 [-]
Fv	1.371 [-]
TB	0.116 [s]
TC	0.528 [s]
TD	2.508 [s]
SA(0)	0.279 [g]
SA(TB)	0.701 [g]

Spettro medio di risposta elastico



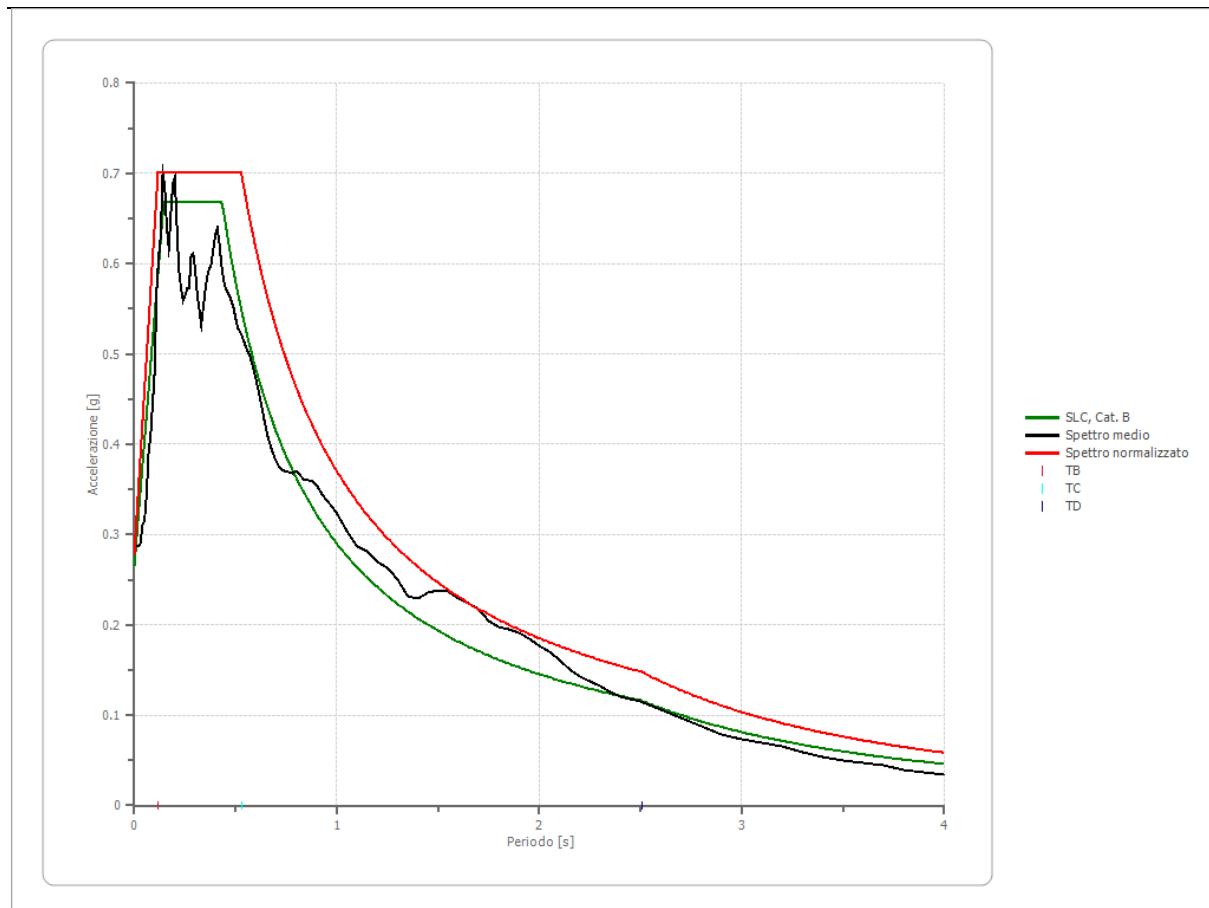
Spettro normalizzato di risposta elastico



Parametri spettro normalizzato

Agmax [g]	Ag [g]	S	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.279	0.227	1.229	2.509	--	0.116	0.528	2.508	0.279	0.701

Confronto spettro normativa



1.2.1.2.6. Analisi eseguite e fattore di comportamento adottato

Le verifiche di sicurezza e la progettazione degli interventi, nei confronti delle azioni sismiche, essendo il fabbricato in classe d'uso III, sono obbligatorie nei confronti dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita (SLV), secondo quanto specificato al § 8.3 delle NTC2018.

Le verifiche di sicurezza e la progettazione degli interventi vengono condotte nei confronti:

- dei meccanismi locali.

Per le verifiche dei meccanismi locali sono effettuate delle analisi limite dell'equilibrio delle strutture murarie, considerate come corpi rigidi, secondo l'approccio cinematico. Si individuano dei meccanismi di collasso, prevalentemente derivanti da azioni perpendicolari al piano degli elementi murari, e si valutano l'entità delle azioni orizzontali che attivano tali meccanismi.

Il fabbricato è oggetto di verifiche di sicurezza per carichi statici sul solaio di copertura condotte secondo il § 4.5.6.2 del D.M. 17.01.2018, con le azioni verticali dovute ai carichi gravitazionali e all'azione del vento, opportunamente combinate secondo le combinazioni statiche previste dalle normative attuali vigenti.

1.2.1.3. Modello di calcolo strutturale

1.2.1.3.1. Codice di calcolo agli E.F. utilizzato

L'analisi della struttura è stata effettuata mediante l'utilizzo del programma PCM Vers. 2019

della Aedes licenza 11630.

Con Aedes PCM è possibile analizzare staticamente e sismicamente strutture generiche, usufruendo di numerose funzionalità relative a geometria, materiali, vincolamento e carichi. Il software è sostanzialmente dedicato agli edifici in muratura per i quali consente l'esecuzione delle verifiche di sicurezza previste dal D.M.17/01/2018.

1.2.1.3.2. Descrizione del modello di calcolo strutturale

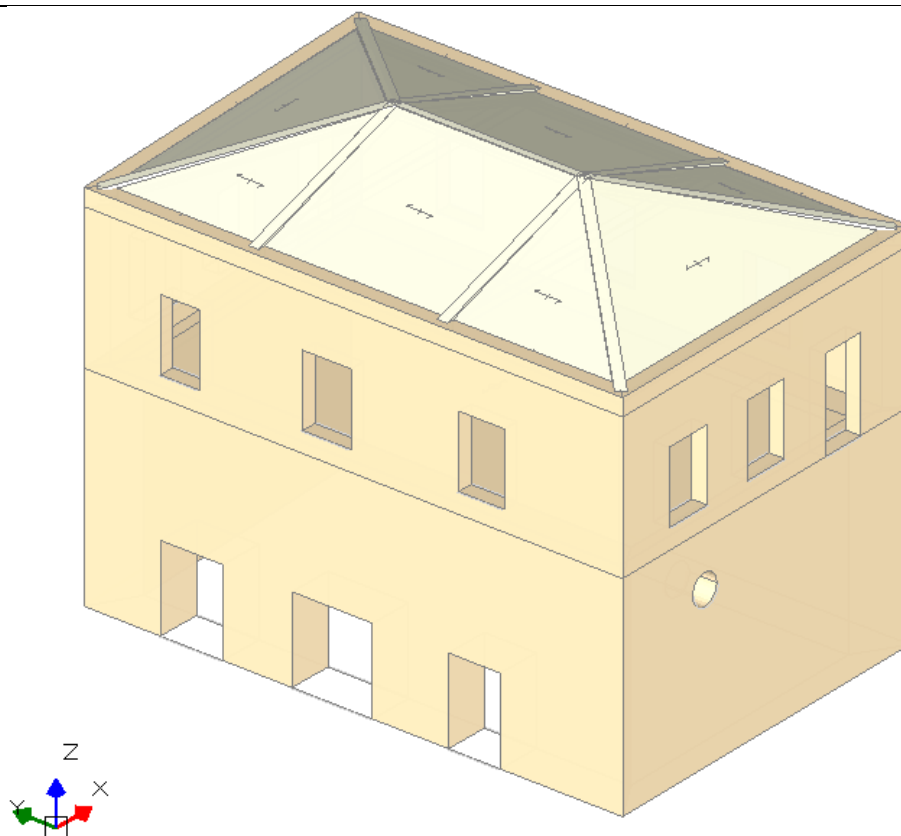
Come già illustrato precedentemente, la struttura portante del fabbricato è in muratura. Si riportano di seguito le considerazioni che intervengono nelle modellazioni strutturali dell'edificio adottate per le verifiche di sicurezza ed il progetto degli interventi, differenziate per gli stati attuale e di progetto:

Ipotesi:

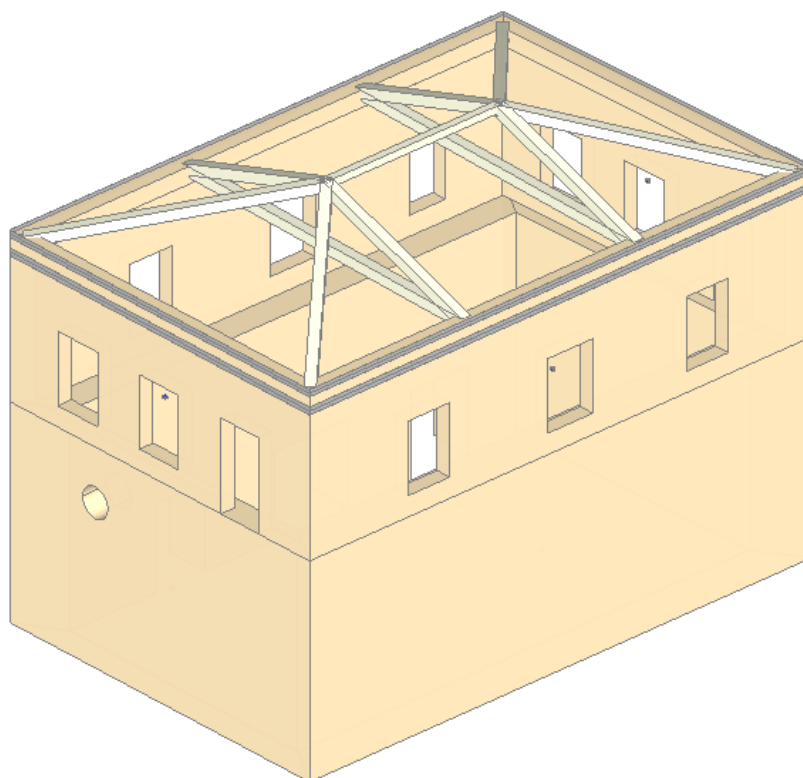
1. Nell'ottica di una corretta schematizzazione del modello strutturale dell'edificio, finalizzata all'ottenimento di risultati attendibili, dal momento che il fabbricato è costituito da paramenti murari ammortati, sebbene gli orizzontamenti siano deformabili, le verifiche vengono eseguite su Modelli Globali Tridimensionali, in quanto i suddetti collegamenti verticali fra pareti tra loro ortogonali, creano già di per sé una 'scatola' muraria, adottando nelle schematizzazioni l'ipotesi di "impalcato deformabile", con ogni massa che vibra localmente (nei nodi sedi di carico);

2. L'edificio viene schematizzato con un modello tridimensionale agli elementi finiti costituito da un assemblaggio di telai piani, orditi nelle due direzioni principali. Le aste verticali sono i maschi murari, quelle orizzontali le fasce di piano (strisce murarie) ed i sottofinestra, che definiscono il "modello a telaio equivalente", il quale rappresenta in modo adeguato la distribuzione di massa e rigidezza effettive;

Si riportano di seguito, delle rappresentazioni del modello strutturale, con individuazione della tipologia degli elementi e dei materiali utilizzati.



Modello spaziale (3D) dell'edificio – Stato Attuale



Modello spaziale (3D) dell'edificio – Stato DI PROGETTO

1.2.1.3.3. Condizioni di carico elementari

Le condizioni di carico elementari prese in esame sono quelle di seguito riportate.

Condizione di Carico Elementare n°1

PARAMETRI GENERALI

Permanente

Tipo di Azione [§2.5] = 1. Permanente strutturale (G1)

Livelli di intensità dell'azione variabile:

- (psi),0 (valore raro) = 1.00
- (psi),1 (valore frequente) = 1.00
- (psi),2 (valore quasi-permanente) = 1.00

Moltiplicatori per Generazione Masse = 111001

Condizione di Carico Elementare n°2

PARAMETRI GENERALI

Permanente non strutturale

Tipo di Azione [§2.5] = 2. Permanente non strutturale (G2)

Livelli di intensità dell'azione variabile:

- (psi),0 (valore raro) = 1.00
- (psi),1 (valore frequente) = 1.00
- (psi),2 (valore quasi-permanente) = 1.00

Moltiplicatori per Generazione Masse = 111001

Condizione di Carico Elementare n°3

PARAMETRI GENERALI

Variabile Cat.B

Tipo di Azione [§2.5] = 5. Var.(Qk): Cat.B: Uffici

Livelli di intensità dell'azione variabile:

- (psi),0 (valore raro) = 0.70
- (psi),1 (valore frequente) = 0.50
- (psi),2 (valore quasi-permanente) = 0.30

Moltiplicatori per Generazione Masse = 111001

Condizione di Carico Elementare n°4

PARAMETRI GENERALI

Neve

Tipo di Azione [§2.5] = 16. Var.(Qk): Neve (a quota ≤ 1000 m. slm)

Livelli di intensità dell'azione variabile:

- (psi),0 (valore raro) = 0.50
- (psi),1 (valore frequente) = 0.20
- (psi),2 (valore quasi-permanente) = 0.00

Moltiplicatori per Generazione Masse = 111001

1.2.1.3.4. Combinazioni condizioni di carico

Segue: elenco delle CCC (Combinazioni di Condizioni di Carico), utilizzate in Analisi Statica Lineare (non Sismica), in accordo con §2.5 D.M.14.1.2008.

Per quanto riguarda l'Analisi Sismica, PCM considera automaticamente l'unica combinazione di carichi prevista (§3.2.4): si intende che l'analisi sismica viene quindi svolta tenendo conto degli eventuali effetti torsionali aggiuntivi (§7.2.6) e combinando i risultati corrispondenti alle diverse direzioni di analisi (§7.3.5), secondo le opzioni scelte nei Parametri di Calcolo.

Elenco delle CCC. Per ogni CCC vengono indicati:

- la numerazione progressiva;

per CCC non generiche:

- lo Stato Limite di riferimento (SLU o SLE);

- il codice identificativo della CCC in ambiente software PCM;

- la Tipologia (Fondamentale, Frequente, Quasi Permanente) / l'Azione Dominante / l'eventuale altra azione che caratterizza la CCC;

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

- per CCC SLU (di tipo Fondamentale): i coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE (coefficienti parziali di sicurezza, Tab. 2.6.I in §2.6.1);
- i coefficienti (psi) (coefficienti di combinazione, Tab. 2.5.I in §2.5.3):
 - per la tipologia Fondamentale: $(\psi) = (\psi)_0$;
 - per la tipologia Frequente: $(\psi) = (\psi)_1$ per l'Azione Dominante, e: $(\psi) = (\psi)_2$ per le altre azioni variabili che possono agire contemporaneamente all'azione dominante;
 - per la tipologia Quasi Permanente: $(\psi) = (\psi)_2$;
- per CCC SLU (di tipo Fondamentale): i moltiplicatori di calcolo per le CCE, pari a: (gamma) per l'Azione Dominante, $(\gamma) \cdot (\psi)_0$ per le altre azioni variabili che possono agire contemporaneamente all'azione dominante;
- per eventuali CCC generiche:
- i coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE.

Combinazione di Condizioni di Carico n°1

SLU: Combinazione 5 (Fondamentale/Variabile Cat.B/Vento +X)

CCC fondamentale (SLU)

Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 1.50, 5) 1.00

$(\psi)_0$ per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) -, 4) 0.50, 5) 1.00

Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 0.75, 5) 1.00

Combinazione di Condizioni di Carico n°2

SLU: Combinazione 37 (Fondamentale/Neve/Vento +X)

CCC fondamentale (SLU)

Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 1.50, 5) 1.00

$(\psi)_0$ per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) 0.70, 4) -, 5) 1.00

Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.05, 4) 1.50, 5) 1.00

Combinazione di Condizioni di Carico n°3

SLE: Combinazione 5 (Frequente/Variabile Cat.B/Vento +X)

CCC frequente (SLE)

(ψ) per le CCE = 1) 1.0, 2) 1.0, 3) 0.5, 4) 0.0, 5) 1.0

Combinazione di Condizioni di Carico n°4

SLE: Combinazione 37 (Frequente/Neve/Vento +X)

CCC frequente (SLE)

(ψ) per le CCE = 1) 1.0, 2) 1.0, 3) 0.3, 4) 0.2, 5) 1.0

Combinazione di Condizioni di Carico n°5

SLE: Combinazione 45 (Quasi Permanente)

CCC quasi permanente (SLE)

$(\psi)_2$ per le CCE = 1) 1.0, 2) 1.0, 3) 0.3, 4) 0.0, 5) 1.0

Combinazione di Condizioni di Carico n°6

Combinazione sismica (Quasi Permanente)

CCC quasi permanente (SLE)

$(\psi)_2$ per le CCE = 1) 1.0, 2) 1.0, 3) 0.3, 4) 0.0, 5) 1.0

Combinazione di Condizioni di Carico n°7

Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) 1.00, 4) 1.00, 5) 1.00

1.2.1.4. Caratteristiche meccaniche dei materiali esistenti

Come illustrato nella *Relazione tecnica illustrativa*, a seguito della campagna di indagine effettuata, è stato raggiunto un livello di conoscenza LC1 ($FC=1.35$).

Ai fini del calcolo, sono state adottate le seguenti caratteristiche meccaniche dei materiali.

- MURATURA

Sull'edificio sono stati svolti indagini e prove sperimentali, riportati nel dettaglio nei rispettivi elaborati di sintesi. Un'estesa campagna di saggi visivi, effettuata con asportazione di intonaco, ha permesso di individuare le tipologie murarie ricorrenti e i tipi di solai presenti

nell'edificio. Le prove con martinetti piatti hanno invece permesso di catalogare la muratura prevalente, fornendo conferma della tipologia muraria, classificabile come **“muratura in pietre a spacco”** ai sensi della tabella C8.5.1 della Circolare 7 del 21/01/2019.

Dal momento che la campagna di indagini ha condotto ad un Livello di Conoscenza Approfondito (LC1), a favore di sicurezza, nei calcoli sono stati utilizzati i valori medi per i moduli elastici e i valori medi per le resistenze presenti nella Tab C8.5.1 di seguito riportata.

Tabella C8.5.1 -Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a: f = resistenza media a compressione, τ_0 = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), f_{v0} = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio.

Tipologia di muratura	f (N/mm ²)	τ_0 (N/mm ²)	f_{v0} (N/mm ²)	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	w (kN/m ³)
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	- -	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbazzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	- -	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	- -	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,4-2,2	0,028-0,042	- -	900-1260	300-420	13 ÷ 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadriati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

1.2.1.5.Coefficienti parziali di sicurezza per verifiche sismiche

Come prescritto nel Par. 7.8.1.1. del D.M. 17-01-2018 il coeff. parziale da utilizzare per le verifiche sismiche delle strutture in muratura è:

$$\Rightarrow \gamma_M = 2.4$$

NOTA. In coda alla presente relazione; di seguito si riportano le sintesi dei risultati dell'analisi globale e dei meccanismi locali.

1.2.1.6. Risultati dell'analisi cinematica

1.2.1.6.1. Verifica stato attuale

01. Cinematismo

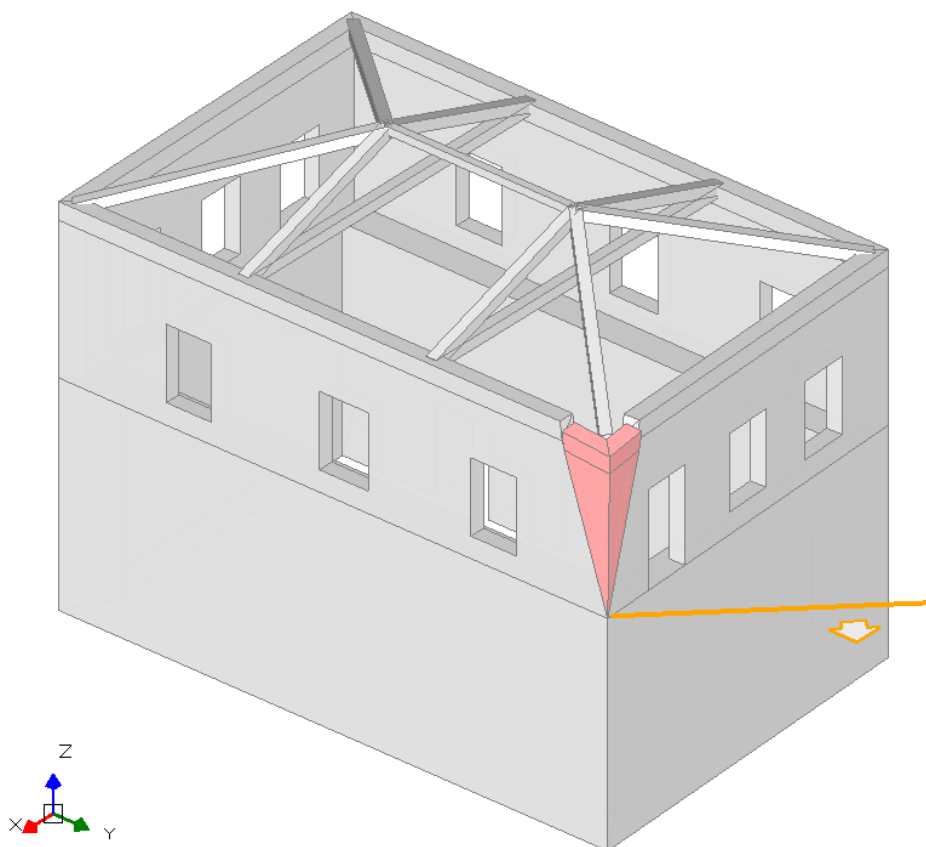
Ribaltamento semplice

$\alpha_0 = 0.140$

■ SLV

$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.214 / 0.317 = 0.674$

$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 189 / 712 = 0.265$



02. Cinematismo

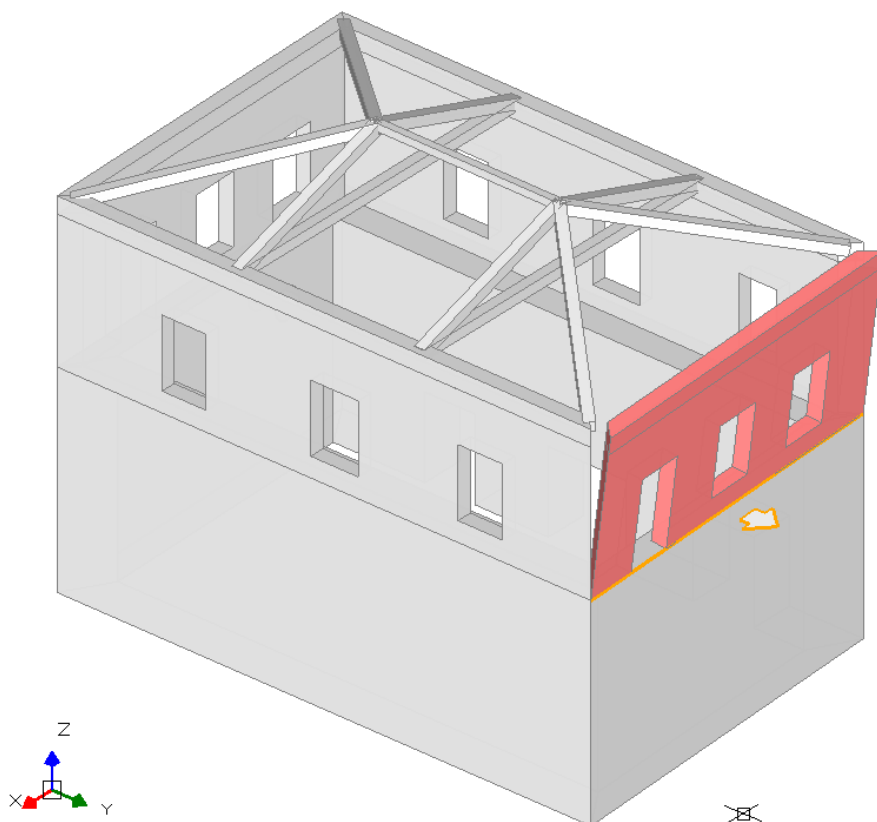
Ribaltamento semplice

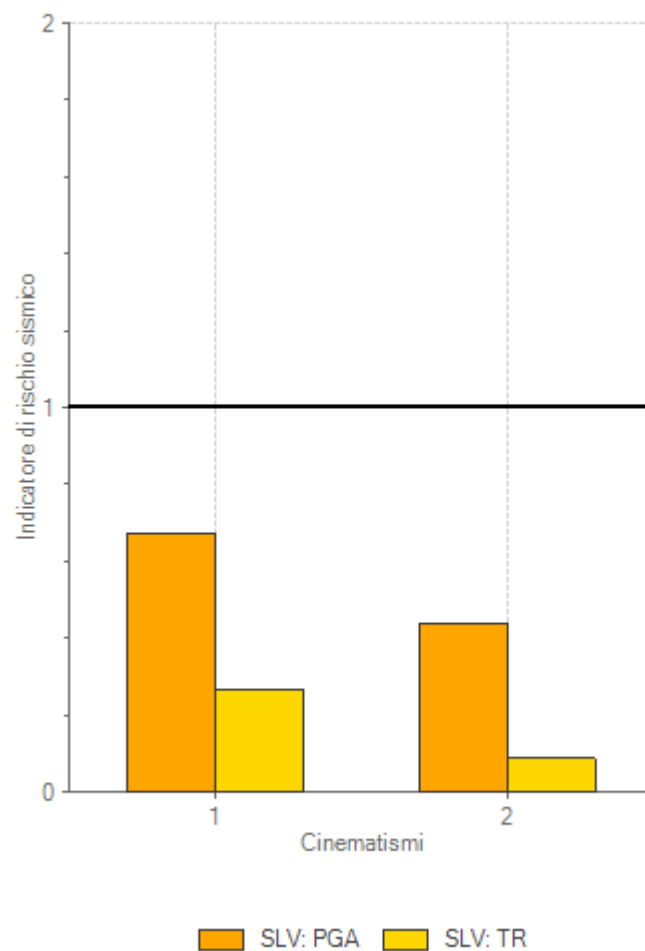
$\alpha_0 = 0.086$

■ SLV

$$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.139 / 0.317 = 0.438$$

$$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 62 / 712 = 0.087$$





1.2.1.6.2. Verifica stato di progetto

01. Cinematismo

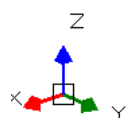
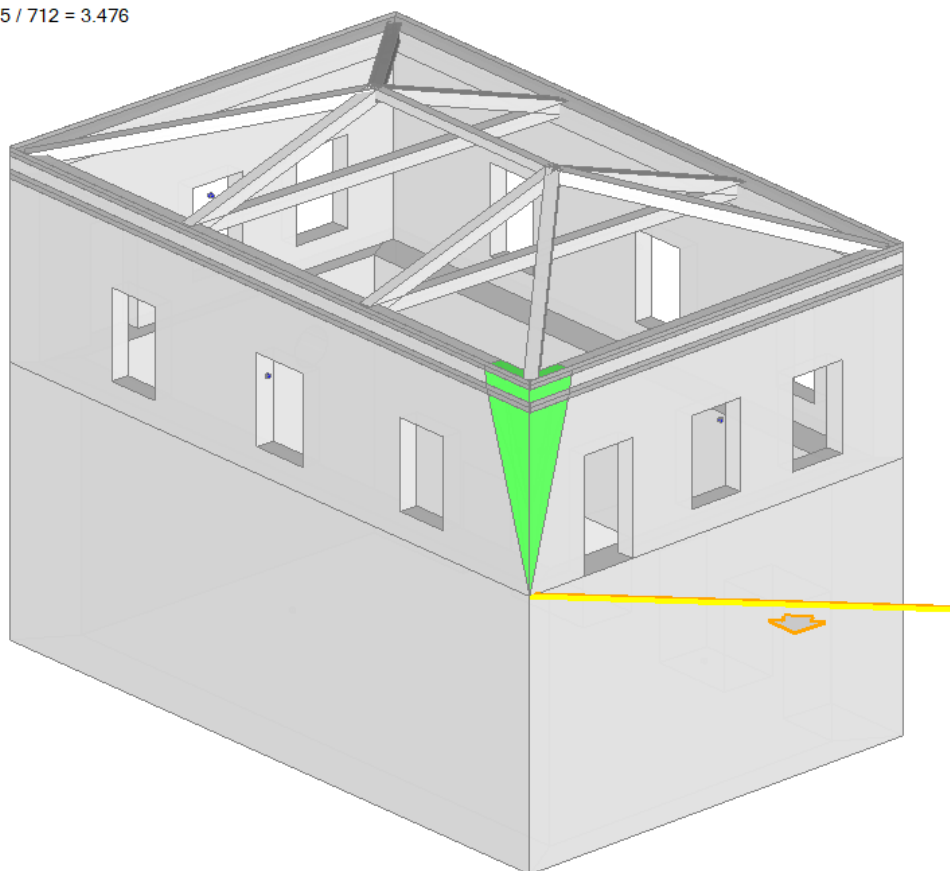
Ribaltamento semplice

$\alpha_0 = 26.255$

■ SLV

$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.407 / 0.317 = 1.282$

$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 2475 / 712 = 3.476$



02. Cinematismo

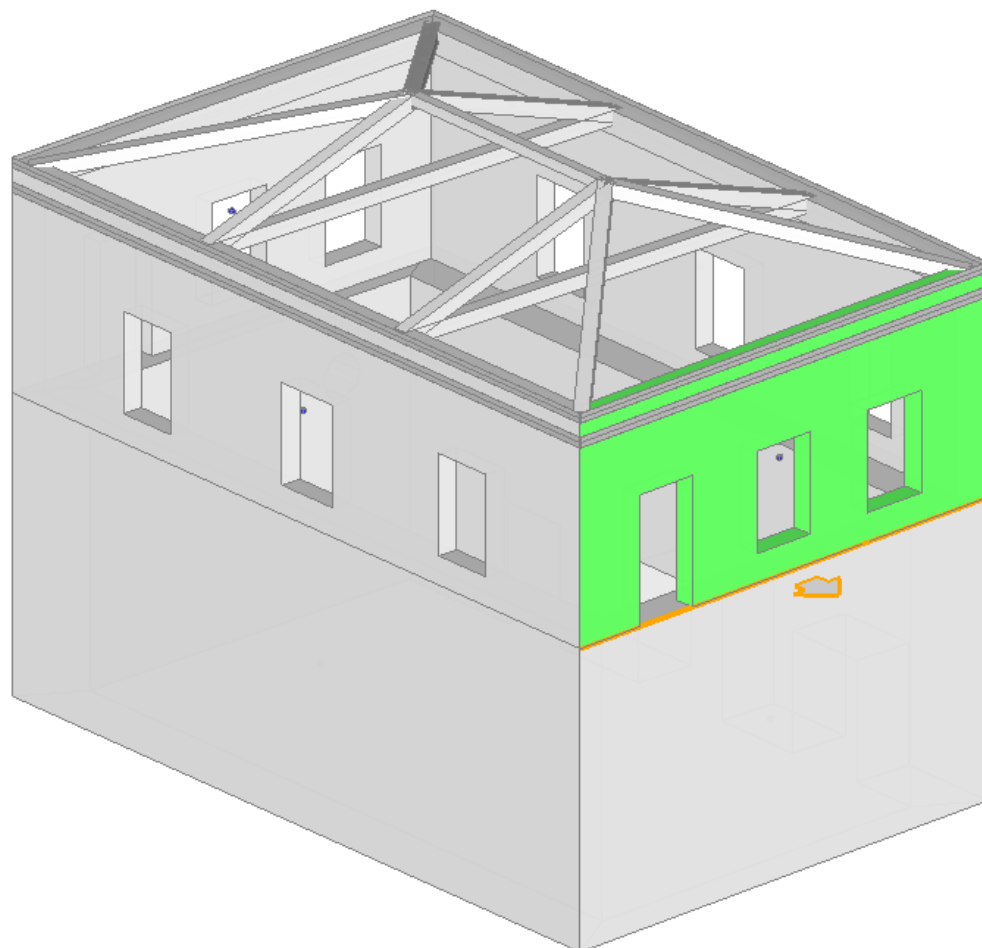
Ribaltamento semplice

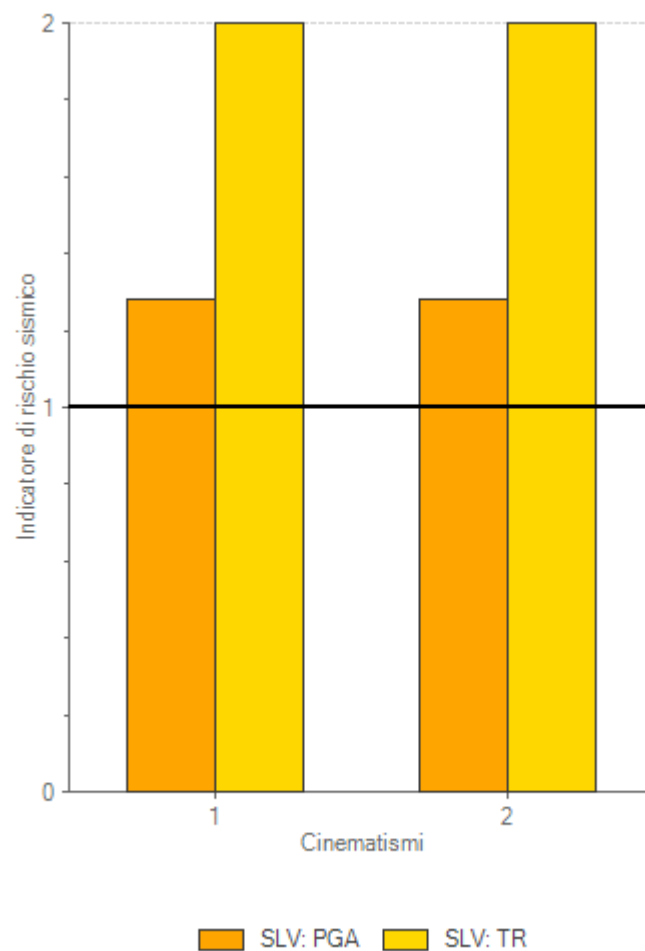
$$\alpha_0 = 5.574$$

■ SLV

$$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.407 / 0.317 = 1.282$$

$$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 2475 / 712 = 3.476$$





1.2.1.7. Verifica strutturale micropali di fondazione

Se nello stato attuale alcune parti dell'edificio potrebbero andare in contro a meccanismi di primo modo (arco verticale su due livelli in corrispondenza delle zone in cui i solai sono orditi in direzione parallela ai maschi murari interessati dal cinematisma), allo stato di progetto, la serie di interventi previsti nel progetto strutturale (intonaco armato, tiranti, collegamento solai-muri perimetrali) porta ad escludere tutte le possibili ipotesi di attivazione di meccanismi locali sia di primo che di secondo modo.

Verifica C.A. S.L.U. - File: micropalo

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : micropalo

Sezione circolare cava

Raggio esterno 20 [cm]
 Raggio interno 0 [cm]
 N° barre uguali 25
 Diametro barre 1.07 [cm]
 Copriferro (baric.) 4.3 [cm]

N° barre 0 Zoom

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 151 0 kN
 M_{xEd} 79.69 0 kNm
 M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

S355 C25/30

ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 308.7 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200,000 N/mm² f_{cd} 14.17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
 ϵ_{syd} 1.544 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75
 $\sigma_{s,adm}$ 210 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

M_{xRd} 109.7 kN m

σ_c -14.17 N/mm²
 σ_s 308.7 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 6.197 ‰
 d 35.58 cm
 x 12.84 x/d 0.3609
 δ 0.8911

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

Vertici: 52 N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

1.2.1.8.verifica a flessione del cordolo di fondazione

Verifica C.A. S.L.U. - File: cordolo

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : cordolo

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	80	50

N°	As [cm²]	d [cm]
1	12.06	4
2	12.06	46

Tipo Sezione
☒ Rettan.re ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Diagramma di sezione:

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} 25.59 kNm
 M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
☒ Centro ☐ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-
☒ Metodo n

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200,000 N/mm² f_{cd} 14.17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6 N/mm²
 τ_{c1} 1.829 N/mm²

M_{xRd} 206.9 kNm
 σ_c -14.17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 33.39 ‰
 d 46 cm
 x 4.365 x/d 0.09488
 δ 0.7

1.2.1.9.verifica a taglio del cordolo

DATI SEZIONE RETTANGOLARE			
GEOMETRIA DELLA SEZIONE		MATERIALI:	
Base sezione: b=	500 mm	CALCESTRUZZO	
Altezza sezione: h =	800 mm	Classe cls	C25/30
Copriferro: c =	40 mm	fck	25 Mpa
DATI ARMATURA		fcd	14 Mpa
		Yc	1.5
Armatura Longitudinale			
Diametro armatura tesa=	16 mm	ACCIAIO	
N° barre tese =	6	fyk	450 Mpa
Diametro armatura compressa =	16 mm	fyd	391 Mpa
N° barre compresse =	6	Ys	1.15
Armatura Trasversale		AZIONI	
Diametro armatura a Taglio (// alla sezione)=	8 mm		
Passo armatura a Taglio=	200 mm	N _{Ed} =	0.00 kN
N° bracci delle staffe=	4	V=	78.29 kN
Inclinazione staffe : α=	90 °	γ _{Rd} =	1.00
Inclinazione puntone : θ=	45 °	V _{Ed} = V * γ _{Rd} =	78.29 kN

Resistenza sezioni armate a taglio		
Resistenza per rottura armatura a taglio	V _{Rsd}	268.94 kN
$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot A_{sw} / s \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctga} + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$		
Resistenza per sezioni armate a taglio	V _{Rcd}	1211.25 kN
$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctga} + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$	SEZIONE VERIFICATA	
$V_{RD} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd}) > V_{Ed}$	268.94 kN	

2. FASCICOLO DEI CALCOLI

Tabulati programma di calcolo PCM Vers. 2018 della Aedes licenza 11630.

Modello 3D per verifica globale

- Descrizione del programma, basi teoriche ed algoritmi impiegati
- Dati di input
- Elaborazioni
- Verifiche

2.1.STATO DI FATTO

2.1.1.ANALISI LOCALE

2.1.1.1.DATI DI INPUT

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

D.M. 17.1.2018: "Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni", Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale", n.42 del 20 febbraio 2018.

Circolare 21.1.2019, 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.

Edifici monumentali: Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 9.2.2011: "Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008", di cui costituisce parte integrante la **Circ. 26 del 2.12.2010 del Ministero per i Beni e le Attività Culturali:** "Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale".

Indirizzi per l'esecuzione degli interventi di cui all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3790 del 17.7.2009 (Riparazione con miglioramento sismico di edifici danneggiati), a cura della Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile, Commissario Delegato (Eventi sismici provincia di L'Aquila, 6 aprile 2009).

Riferimenti tecnici: EuroCodici

Per quanto non diversamente specificato nel D.M.14.1.2008, si intendono coerenti con i principi alla base del Decreto le indicazioni riportate nei documenti di riferimento elencati in §12; fra questi: gli EuroCodici strutturali, così organizzati:

Criteri generali di progettazione strutturale

UNI EN 1990:2006

Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture

UNI EN 1991-1-1:2004 Parte 1-1: Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici

UNI EN 1991-1-2:2004 Parte 1-2: Azioni in generale - Azioni sulle strutture esposte al fuoco

UNI EN 1991-1-3:2004 Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve

UNI EN 1991-1-4:2005 Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento

UNI EN 1991-1-5:2004 Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche

UNI EN 1991-1-6:2005 Parte 1-6: Azioni in generale - Azioni durante la costruzione

UNI EN 1991-1-7:2006 Parte 1-7: Azioni in generale - Azioni eccezionali

UNI EN 1991-2:2005 Parte 2: Carichi da traffico sui ponti

UNI EN 1991-3:2006 Parte 3: Azioni indotte da gru e da macchinari

UNI EN 1991-4:2006 Parte 4: Azioni su silos e serbatoi

Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo

UNI EN 1992-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici

UNI EN 1992-1-2:2005 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio

UNI EN 1992-2:2006 Parte 2: Ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi

UNI EN 1992-3:2006 Parte 3: Strutture di contenimento liquidi

Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio

UNI EN 1993-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici

UNI EN 1993-1-2:2005 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio

UNI EN 1993-1-3:2007 Parte 1-3: Regole generali - Regole supplementari per l'impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo

UNI EN 1993-1-4:2007 Parte 1-4: Regole generali - Regole supplementari per acciai inossidabili

UNI EN 1993-1-5:2007 Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra

UNI EN 1993-1-6:2007 Parte 1-6: Resistenza e stabilità delle strutture a guscio

UNI EN 1993-1-7:2007 Parte 1-7: Strutture a lastra ortotropa caricate al di fuori del piano

UNI EN 1993-1-8:2005 Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti

UNI EN 1993-1-9:2005 Parte 1-9: Fatica

UNI EN 1993-1-10:2005 Parte 1-10: Resilienza del materiale e proprietà attraverso lo spessore

UNI EN 1993-1-11:2007 Parte 1-11: Progettazione di strutture con elementi tesi

UNI EN 1993-1-12:2007 Parte 1-12: Regole aggiuntive per l'estensione della EN 1993 fino agli acciai di grado S 700

UNI EN 1993-2:2007 Parte 2: Ponti di acciaio

UNI EN 1993-3-1:2007 Parte 3-1: Torri, pali e ciminiera - Torri e pali

UNI EN 1993-3-2:2007 Parte 3-2: Torri, pali e ciminiera - Ciminiera

UNI EN 1993-4-1:2007 Parte 4-1: Silos

UNI EN 1993-4-2:2007 Parte 4-2: Serbatoi

UNI EN 1993-4-3:2007 Parte 4-3: Condotte

UNI EN 1993-5:2007 Parte 5: Pali e palancole

UNI EN 1993-6:2007 Parte 6: Strutture per apparecchi di sollevamento

Eurocodice 4 – Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo

UNI EN 1994-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici

UNI EN 1994-1-2:2005 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio

Lavori di consolidamento versante tra via Prenestina Vecchia e Nuova in corrispondenza di Villetta Ortenzia e annessi interventi strutturali - Cave – Città Metropolitana di Roma Capitale

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

UNI EN 1994-2:2006 Parte 2: Regole generali e regole per i ponti

Eurocodice 5 – Progettazione delle strutture in legno

UNI EN 1995-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali - Regole comuni e regole per gli edifici

UNI EN 1995-1-2:2005 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio

UNI EN 1995-2:2005 Parte 2: Ponti

Eurocodice 6 – Progettazione delle strutture in muratura

UNI EN 1996-1-1:2006 Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata

UNI EN 1996-1-2:2005 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio

UNI EN 1996-2:2006 Parte 2: Considerazioni progettuali, selezione dei materiali ed esecuzione delle murature

UNI EN 1996-3:2006 Parte 3: Metodi di calcolo semplificato per strutture di muratura non armata

Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica

UNI EN 1997-1:2005 Parte 1: Regole generali

UNI EN 1997-2:2007 Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo

Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

UNI EN 1998-1:2005 Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici

UNI EN 1998-2:2006 Parte 2: Ponti

UNI EN 1998-3:2005 Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici

UNI EN 1998-4:2006 Parte 4: Silos, serbatoi e condotte

UNI EN 1998-5:2005 Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici

UNI EN 1998-6:2005 Parte 6: Torri, pali e camini

Eurocodice 9 – Progettazione delle strutture in alluminio

UNI EN 1999-1-1:2007 Parte 1-1: Regole strutturali generali

UNI EN 1999-1-2:2007 Parte 1-2: Progettazione strutturale contro l'incendio

UNI EN 1999-1-3:2007 Parte 1-3: Strutture sottoposte a fatica

UNI EN 1999-1-4:2007 Parte 1-4: Lamiere sottili piegate a freddo

UNI EN 1999-1-5:2007 Parte 1-5: Strutture a guscio

Norme Italiane precedenti al D.M. 17.1.2018:

D.M. 14.1.2008: "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale", n.29 del 4 febbraio 2008.

Circolare 2.2.2009, n.617: "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14.1.2008.

Le norme elencate nel seguito sono in generale da considerarsi superate dal D.M.14.1.2008; esse possono costituire tuttavia utili fonti di riferimento per la comprensione dello sviluppo dei metodi di calcolo adottati dalle NTC.

D.M. 14.9.2005: "Norme Tecniche per le Costruzioni" (ex Testo Unico)

In campo antisismico, il D.M. 14.9.2005 definisce l'azione sismica [§3.2] e fissa i livelli di sicurezza. Nel rispetto di tali presupposti, il D.M.14.9.2005 può fare riferimento all'OPCM 3274 e s.m.i. [§5.7.1.1] per le indicazioni attuative sulle verifiche di sicurezza.

Sismica: Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", e successive modifiche e integrazioni:

Ordinanza P.C.M. n. 3316 del 2.10.2003 e Ordinanza P.C.M. n. 3431 del 3.5.2005

Sismica: D. P.C.M. del 21.10.2003: "Disposizioni attuative dell'art.2, commi 2, 3 e 4, dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20 marzo 2003".

Norme strutturali precedenti all'OPCM 3274 (per la Sismica) e al D.M. 14.9.2005:

Legge n.64 del 2.2.1974: "Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche."

Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia - Legge Regionale n. 30 del 20.6.1977: "Documentazione tecnica per la progettazione e direzione delle opere di riparazione degli edifici - Documento Tecnico n. 2 - Raccomandazioni per la riparazione strutturale degli edifici in muratura."

Regione Umbria, Art.38 L.R. 1.7.1981, n.34: "Direttive tecniche ed esemplificazioni delle metodologie di intervento per la riparazione ed il consolidamento degli edifici danneggiati da eventi sismici."

D.M. 2.7.1981: "Normativa per le riparazioni ed il rafforzamento degli edifici danneggiati dal sisma nelle regioni Basilicata, Campania e Puglia."

Circolare Min.LL.PP. n.21745 del 30.7.1981: "Istruzioni relative alla normativa tecnica per la riparazione ed il rafforzamento degli edifici in muratura danneggiati dal sisma."

D.M. 16.1.1996: "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche."

Circolare Min.LL.PP. n.65 del 10.4.1997: "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16.1.1996."

Servizio Sismico Nazionale (S.S.N.) - Associazione Nazionale Italiana di Ingegneria Sismica (A.N.I.D.I.S.): "Commentario al D.M. 16.1.1996 ed alla Circ. n.65 del 10.4.1997 del Ministero LL.PP.", coord. F.Braga, 1998

D.G.R. Umbria n.5180 del 14.9.1998 e D.G.R. Marche n.2153 del 14.9.1998 in attuazione Legge 61/98: "Eventi sismici del 12 maggio, 26 settembre 1997 e successivi - Modalità e procedure per la concessione dei contributi previsti dall'art.4 della Legge 61/98 - Allegato B".

Provincia di Perugia, Servizio Sismico Nazionale: "Terremoto in Umbria e Marche del 1997. Criteri di calcolo per la progettazione degli interventi. Verifiche sismiche ed esempi per l'applicazione delle Direttive Tecniche D.G.R. Umbria 5180/98 e D.G.R. Marche 2153/98 in attuazione L.61/98", coord. A.De Sortis, G.Di Pasquale, U.Nasini, 1998.

Murature: D.M. 20.11.1987: "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro

Lavori di consolidamento versante tra via Prenestina Vecchia e Nuova in corrispondenza di Villetta Ortenzia e annessi interventi strutturali - Cave – Città Metropolitana di Roma Capitale

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

consolidamento."

Circolare Min.LL.PP. n.30787 del 4.1.1989: "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento."

Carichi: D.M. 16.1.1996: "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi."

Azione Sismica

Struttura:

Vita Nominale VN (anni) = 50

Classe d'uso: III

Coefficiente d'uso CU = 1.5

Periodo di riferimento per l'azione sismica VR=VN*CU (anni) = 75

Pericolosità:

Ubicazione del sito:

Longitudine ED50 (gradi sessadecimali) = 12.926548

- Latitudine ED50 (gradi sessadecimali) = 41.820436

Tipo di interpolazione: media ponderata ([3] in All.a)

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* per i periodi di ritorno TR di riferimento

(dagli Studi di pericolosità sismica del sito di ubicazione dell'edificio [cfr.Tab.1 All.B al D.M.14.1.2008]):

TR (anni)	a_g (*g)	F_0	T_C^* (sec)
30	0.056	2.506	0.260
50	0.071	2.437	0.276
72	0.082	2.453	0.280
101	0.094	2.468	0.286
140	0.107	2.495	0.286
201	0.121	2.508	0.286
475	0.164	2.492	0.297
975	0.205	2.490	0.307
2475	0.260	2.537	0.322

Per periodi di ritorno TR<30 anni [cfr. DPC-Reluis, CNR-ITC]:

$a_g(TR) = K * TR^{-\alpha}$, dove:

$K = 0.012407860$, $\alpha = 0.444646300$

Stati Limite:

PVR (%) Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR (Tab.3.2.I)

SLE: SLO 81

SLE: SLD 63

SLU: SLV 10

SLU: SLC 5

$a_g(g)$ F_0 $T_C^*(sec)$ e altri parametri di spettro per i periodi di ritorno TR associati a ciascun Stato Limite secondo Normativa [§3.2.3]

Stato limite	TR (anni)	a_g (*g)	F_0	T_C^* (sec)	S	TB (sec)	TC (sec)	TD (sec)	Fv
SLO	45	0.068	2.451	0.273	1.800	0.147	0.440	1.872	0.863
SLD	75	0.083	2.455	0.281	1.800	0.149	0.448	1.932	0.955
SLV	712	0.186	2.491	0.303	1.706	0.157	0.472	2.344	1.450
SLC	1462	0.227	2.510	0.313	1.630	0.161	0.482	2.508	1.614

(parametri di spettro conformi al reticolo sismico secondo D.M. 14.1.2008)

Suolo:

Categoria di sottosuolo e Condizioni topografiche:

Categoria di sottosuolo: C

Categoria topografica: T2

Rapporto quota sito / altezza rilievo topografico = 0

Coefficiente di amplificazione topografica ST = 1.2

PGA:

Definizione di PGA: Accelerazione al suolo (analoga ad: a_g*S , dove: $S=SS*ST$)

Componenti:

Spettro di risposta (componente orizzontale):

SLE: Smorzamento viscoso (ξ) (%) = 5

$\eta=[10/(5+\xi)]=1$

SLU: Fattore di Comportamento q per Analisi Cinematica = 2.0

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

3. 1) Cinematismo

Ribaltamento semplice

Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali

V (m ³)	H (m)	Z (m)	T1 (sec)	γ	FC	SLD
2.050	12.639	0.000	0.335	1.286	1.350	

V = volume dei corpi partecipanti al meccanismo

H = altezza della struttura rispetto alla fondazione

Z = altezza rispetto alla fondazione del baricentro delle linee di vincolo tra i corpi del meccanismo ed il resto della struttura

T1 = primo periodo di vibrazione

γ = Coefficiente di partecipazione modale

FC = fattore di confidenza

SLD = X indica che è richiesta la verifica di sicurezza per SLD

Asse di rotazione

Coord. punto iniziale (m)			Coord. punto finale (m)			Arretr.	K	N	fd	a
X	Y	Z	X	Y	Z	(m)		(kN)	(N/mm ²)	(m)
48.273	26.893	6.220	40.341	34.825	6.220	0.100				

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione

X,Y,Z = coordinate dei punti iniziale e finale dell'asse di rotazione (considerando l'eventuale arretramento)

Carichi

n.	tipologia	Punto di applicazione (m)			Carico permanente G (kN)			Carico variabile Q (kN)			ψ_2
		X	Y	Z	GX	GY	GZ	QX	QY	QZ	
1	peso proprio	48.137	26.152	10.692	0.00	0.00	-5.48	0.00	0.00	0.00	0.30
2	da solaio	47.898	25.926	10.622	0.00	0.00	-0.36	0.00	0.00	-0.12	0.00
3	peso proprio	48.152	26.371	9.245	0.00	0.00	-18.80	0.00	0.00	0.00	0.30
4	peso proprio	47.848	26.748	9.278	0.00	0.00	-14.35	0.00	0.00	0.00	0.30
5	peso proprio	47.660	26.717	10.697	0.00	0.00	-4.42	0.00	0.00	0.00	0.30
6	da solaio	47.439	26.460	10.612	0.00	0.00	-0.37	0.00	0.00	-0.13	0.00

n. = numero consecutivo del carico

tipologia: peso proprio, da solaio, catena o generico

X,Y,Z = coordinate del punto di applicazione del carico nel sistema di riferimento globale XYZ

GX,GY,GZ, QX,QY,QZ = componenti del carico nel sistema XYZ

ψ_2 = coefficiente di combinazione per il carico variabile (Tab.2.5.i), il valore di ψ_2

(per carichi da solaio con più variabili aventi diversi coefficienti di combinazione,

mostrato in tabella è pari alla media pesata: $P=G+\psi_2*Q$, con G e Q carichi totali del solaio)

Forze, spostamenti, lavoro

(kN*mm)	Carico totale G+ψ2*Q (kN)				Forza inerziale(kN)			Spostam.virtuali (mm)			Lavoro virtuale	
	n.	PX	PY	PZ	EX	EY	EZ	δX	δY	δZ	L1	L2
L3												
0.000	1	0.00	0.00	-5.48	3.88	3.88	0.00	3.163	3.163	0.617	-3.384	24.509
0.000	2	0.00	0.00	-0.36	0.25	0.25	0.00	3.113	3.113	0.947	-0.338	1.574
0.000	3	0.00	0.00	-18.80	13.29	13.29	0.00	2.139	2.139	0.453	-8.506	56.860
0.000	4	0.00	0.00	-14.35	10.15	10.15	0.00	2.163	2.163	0.401	-5.756	43.896
0.000	5	0.00	0.00	-4.42	3.13	3.13	0.00	3.166	3.166	0.555	-2.455	19.808
0.000	6	0.00	0.00	-0.37	0.26	0.26	0.00	3.106	3.106	0.893	-0.330	1.625

n. = numero consecutivo del carico

PX,PY,PZ = componenti del carico totale $G+\psi_2*Q$ nel sistema XYZ

EX,EY = componenti orizzontali della forza inerziale corrispondente al carico

EZ = componente verticale della forza inerziale corrispondente al carico

$\delta X,\delta Y,\delta Z$ = spostamenti virtuali del punto di applicazione del carico nel sistema XYZ

(angolo di rotazione virtuale intorno all'asse di rotazione pari a 1 mrad)

L1 = lavoro virtuale delle forze statiche:

$L1=\sum(n)[Pi*\delta i]$

L2 = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche) orizzontali: $L2=\sum(n)[EXi*\delta Xi + EYi*\delta Yi]$

L3 = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche) verticali: $L3=\sum(n)[EZi*\delta Zi]$

Moltiplicatore di collasso, Massa partecipante, Accelerazione di attivazione del meccanismo

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

α_0	M^* (kgm)	e^*	a_0^* (g)
0.140	4322	0.968	0.107

α_0 = moltiplicatore di collasso

M^* = massa partecipante

e^* = frazione di massa partecipante

a_0^* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta, E = 1.000$

SLV: Verifiche di sicurezza

a_1^* (g)	a_2^* (g)	a^* (g)	PGA CLV	TR CLV	VN CLV	PGA,CLV /PGA,DLV	TR,CLV /TR,DLV
0.159	0.000	0.159	0.214	189	13	0.674	0.265

a_1^* = accelerazione spettrale richiesta su sistema rigido

a_2^* = accelerazione spettrale richiesta su sistema deformabile

PGA,CLV = capacità in termini di PGA per SLV

TR,CLV = capacità in termini di periodo di ritorno TR per SLV

VN,CLV = capacità in termini di Vita Nominale per SLV

PGA,CLV / PGA,DLV = ζ, E, SLV, PGA = indicatore di Rischio Sismico in termini di PGA per SLV

TR,CLV / TR,DLV = ζ, E, SLV, TR = indicatore di Rischio Sismico in termini di periodo di ritorno TR per

SLV

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

4. 2) Cinematismo

Ribaltamento semplice

Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m ³)	(m)	(m)	(sec)			
17.397	12.639	0.000	0.335	1.286	1.350	

V = volume dei corpi partecipanti al meccanismo
H = altezza della struttura rispetto alla fondazione
Z = altezza rispetto alla fondazione del baricentro delle linee di vincolo tra i corpi del meccanismo ed il resto della struttura
T1 = primo periodo di vibrazione
 γ = Coefficiente di partecipazione modale
FC = fattore di confidenza
SLD = X indica che è richiesta la verifica di sicurezza per SLD

Asse di rotazione

Coord. punto iniziale (m)			Coord. punto finale (m)			Arretr.	K	N	fd	a
X	Y	Z	X	Y	Z	(m)		(kN)	(N/mm ²)	(m)
48.343	26.964	6.220	37.685	26.338	6.220	0.000	0.000	372.91	0.000	10.677

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione

X,Y,Z = coordinate dei punti iniziale e finale dell'asse di rotazione (considerando l'eventuale arretramento)

Carichi

n.	tipologia	Punto di applicazione (m)			Carico permanente G (kN)			Carico variabile Q (kN)			ψ_2
		X	Y	Z	GX	GY	GZ	QX	QY	QZ	
1	peso proprio	42.925	26.425	8.495	0.00	0.00	-317.01	0.00	0.00	0.00	0.30
2	peso proprio	43.015	26.429	10.692	0.00	0.00	-48.32	0.00	0.00	0.00	0.30
3	da solaio	43.009	26.200	10.617	0.00	0.00	-7.58	0.00	0.00	-2.60	0.00

n. = numero consecutivo del carico

tipologia: peso proprio, da solaio, catena o generico

X,Y,Z = coordinate del punto di applicazione del carico nel sistema di riferimento globale XYZ

GX,GY,GZ, QX,QY,QZ = componenti del carico nel sistema XYZ

ψ_2 = coefficiente di combinazione per il carico variabile (Tab.2.5.i), il valore di ψ_2

(per carichi da solaio con più variabili aventi diversi coefficienti di combinazione, mostrato in tabella è pari alla media pesata: $P=G+\psi_2*Q$, con G e Q carichi totali del solaio)

Forze, spostamenti, lavoro

(kN*mm)	n.	Carico totale G+ψ2*Q (kN)			Forza inerziale(kN)			Spostam.virtuali (mm)			Lavoro virtuale	
		PX	PY	PZ	EX	EY	EZ	δX	δY	δZ	L1	L2
L3		-----										

0.000	1	0.00	0.00	-317.01	-18.57	316.46	0.00	-0.133	2.271	0.220	-69.618	721.203
0.000	2	0.00	0.00	-48.32	-2.83	48.24	0.00	-0.262	4.465	0.219	-10.605	216.125
0.000	3	0.00	0.00	-7.58	-0.44	7.57	0.00	-0.258	4.390	0.448	-3.395	33.339

n. = numero consecutivo del carico

PX,PY,PZ = componenti del carico totale $G+\psi_2*Q$ nel sistema XYZ

EX,EY = componenti orizzontali della forza inerziale corrispondente al carico

EZ = componente verticale della forza inerziale corrispondente al carico

$\delta X,\delta Y,\delta Z$ = spostamenti virtuali del punto di applicazione del carico nel sistema XYZ

(angolo di rotazione virtuale intorno all'asse di rotazione pari a 1 mrad)

L1 = lavoro virtuale delle forze statiche: $L1=\sum(n)[Pi*\delta i]$

L2 = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche) orizzontali: $L2=\sum(n)[EXi*\delta Xi + EYi*\delta Yi]$

L3 = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche) verticali: $L3=\sum(n)[EZi*\delta Zi]$

Moltiplicatore di collasso, Massa partecipante, Accelerazione di attivazione del meccanismo

α_0	M*	e*	a0*
	(kgm)		(g)
0.086	34886	0.917	0.070

α_0 = moltiplicatore di collasso

M* = massa partecipante

e* = frazione di massa partecipante

a0* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta, E = 1.000$

SLV: Verifiche di sicurezza

a1*	a2*	a*	PGA	TR	VN	PGA,CLV	TR,CLV
(g)	(g)	(g)	CLV	CLV	CLV	/PGA,DLV	/TR,DLV
0.159	0.000	0.159	0.139	62	4	0.438	0.087

a1* = accelerazione spettrale richiesta su sistema rigido

a2* = accelerazione spettrale richiesta su sistema deformabile

PGA,CLV = capacità in termini di PGA per SLV

TR,CLV = capacità in termini di periodo di ritorno TR per SLV

VN,CLV = capacità in termini di Vita Nominale per SLV

PGA,CLV / PGA,DLV = ζ, E, SLV, PGA = indicatore di Rischio Sismico in termini di PGA per SLV

TR,CLV / TR,DLV = ζ, E, SLV, TR = indicatore di Rischio Sismico in termini di periodo di ritorno TR per

SLV

2.2.STATO DI PROGETTO

2.2.1.ANALISI LOCALE

Azione Sismica

Struttura:

Vita Nominale VN (anni) = 50

Classe d'uso: III

Coefficiente d'uso CU = 1.5

Periodo di riferimento per l'azione sismica VR=VN*CU (anni) = 75

Pericolosità:

Ubicazione del sito:

Longitudine ED50 (gradi sessadecimali) = 12.926548

- Latitudine ED50 (gradi sessadecimali) = 41.820436

Tipo di interpolazione: media ponderata ([3] in All.a)

Valori dei parametri ag, Fo, TC* per i periodi di ritorno TR di riferimento

(dagli Studi di pericolosità sismica del sito di ubicazione dell'edificio [cfr.Tab.1 All.B al D.M.14.1.2008]):

TR	a, g	Fo	TC*
(anni)	(*g)		(sec)
30	0.056	2.506	0.260
50	0.071	2.437	0.276
72	0.082	2.453	0.280
101	0.094	2.468	0.286
140	0.107	2.495	0.286
201	0.121	2.508	0.286
475	0.164	2.492	0.297
975	0.205	2.490	0.307
2475	0.260	2.537	0.322

Per periodi di ritorno TR<30 anni [cfr. DPC-Reluis, CNR-ITC]:

ag(TR) = K * TR^α, dove:

K = 0.012407860, α = 0.444646300

Stati Limite:

PVR (%) Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR (Tab.3.2.I)

SLE: SLO 81

SLE: SLD 63

SLU: SLV 10

SLU: SLC 5

ag(g) Fo Tc*(sec) e altri parametri di spettro per i periodi di ritorno TR associati a ciascun Stato Limite secondo Normativa [§3.2.3]

Stato limite	TR (anni)	a, g (*g)	Fo	TC* (sec)	S	TB (sec)	TC (sec)	TD (sec)	Fv
SLO	45	0.068	2.451	0.273	1.800	0.147	0.440	1.872	0.863
SLD	75	0.083	2.455	0.281	1.800	0.149	0.448	1.932	0.955
SLV	712	0.186	2.491	0.303	1.706	0.157	0.472	2.344	1.450
SLC	1462	0.227	2.510	0.313	1.630	0.161	0.482	2.508	1.614

(parametri di spettro conformi al reticolo sismico secondo D.M. 14.1.2008)

Suolo:

Categoria di sottosuolo e Condizioni topografiche:

Categoria di sottosuolo: C

Categoria topografica: T2

Lavori di consolidamento versante tra via Prenestina Vecchia e Nuova in corrispondenza di Villetta Ortenzia e annessi interventi strutturali - Cave – Città Metropolitana di Roma Capitale

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

Rapporto quota sito / altezza rilievo topografico = 0

Coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1.2$

PGA:

Definizione di PGA: Accelerazione al suolo (analoga ad: $a_g \cdot S$, dove: $S = S_S \cdot S_T$)

Componenti:

Spettro di risposta (componente orizzontale):

SLE: Smorzamento viscoso (ξ) (%) = 5

$\eta = [10 / (5 + \xi)] = 1$

SLU: Fattore di Comportamento q per Analisi Cinematica = 2.0

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

3. 1) Cinematismo

Ribaltamento semplice

Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali

V (m ³)	H (m)	Z (m)	T1 (sec)	γ	FC	SLD
2.050	12.639	0.000	0.335	1.286	1.350	

V = volume dei corpi partecipanti al meccanismo

H = altezza della struttura rispetto alla fondazione

Z = altezza rispetto alla fondazione del baricentro delle linee di vincolo tra i corpi del meccanismo ed il resto della struttura

T1 = primo periodo di vibrazione

γ = Coefficiente di partecipazione modale

FC = fattore di confidenza

SLD = X indica che è richiesta la verifica di sicurezza per SLD

Asse di rotazione

Coord. punto iniziale (m)			Coord. punto finale (m)			Arretr.	K	N	fd	a
X	Y	Z	X	Y	Z	(m)		(kN)	(N/mm ²)	(m)
48.273	26.893	6.220	40.341	34.825	6.220	0.100				

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione

X,Y,Z = coordinate dei punti iniziale e finale dell'asse di rotazione (considerando l'eventuale arretramento)

Carichi

n.	tipologia	Punto di applicazione (m)			Carico permanente G (kN)			Carico variabile Q (kN)			ψ2
		X	Y	Z	GX	GY	GZ	QX	QY	QZ	
1	peso proprio	48.137	26.152	10.692	0.00	0.00	-5.48	0.00	0.00	0.00	0.30
2	da nastro	48.343	26.964	10.940	-24.27	-1.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
3	da nastro	48.343	26.964	10.940	0.10	-24.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
4	da nastro	48.343	26.964	10.440	2.58	-604.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
5	da nastro	48.343	26.964	10.440	-603.96	-35.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
6	da solaio	47.898	25.926	10.622	0.00	0.00	-0.36	0.00	0.00	-0.12	0.00
7	peso proprio	48.152	26.371	9.245	0.00	0.00	-18.80	0.00	0.00	0.00	0.30
8	peso proprio	47.848	26.748	9.278	0.00	0.00	-14.35	0.00	0.00	0.00	0.30
9	peso proprio	47.660	26.717	10.697	0.00	0.00	-4.42	0.00	0.00	0.00	0.30
10	da solaio	47.439	26.460	10.612	0.00	0.00	-0.37	0.00	0.00	-0.13	0.00

n. = numero consecutivo del carico

tipologia: peso proprio, da solaio, catena o generico

X,Y,Z = coordinate del punto di applicazione del carico nel sistema di riferimento globale XYZ

GX,GY,GZ, QX,QY,QZ = componenti del carico nel sistema XYZ

ψ2 = coefficiente di combinazione per il carico variabile (Tab.2.5.i), il valore di ψ2

(per carichi da solaio con più variabili aventi diversi coefficienti di combinazione, mostrato in tabella è pari alla media pesata: $P=G+\psi_2*Q$, con G e Q carichi totali del solaio)

Nastri

- SRG:

n.	n°	Largh.	Spess.	E	ε,rott	ε,dist.	Trazioni (kN)		
		(mm)	(mm)	(N/mm ²)	(per mille)		Rottura	Distacco	Valore di calcolo
2	1	300	0.169	190000	1.5		24.316		24.316
3	1	300	0.169	190000	1.5		24.316		24.316

n. = numero del carico corrispondente al nastro in SRG

Dati:

n° strati, Larghezza, Spessore; E = modulo di elasticità normale nella direzione delle fibre

ε,rott = deformazione di calcolo a rottura per trazione; ε,dist = deformazione di distacco

Trazioni: rottura, distacco, valore di calcolo

- Acciaio:

n.	Largh.	Spess.	fyd	Trazione (kN)	
	(mm)	(mm)	(N/mm ²)	Snervamento	Valore di calcolo
4	220	10.000	275	605.000	605.000
5	220	10.000	275	605.000	605.000

n. = numero del carico corrispondente al nastro in acciaio

Dati:

Larghezza, Spessore; fyd = tensione di snervamento di calcolo

Trazioni: snervamento, valore di calcolo

Forze, spostamenti, lavoro

n.	Carico totale $G+\psi_2*Q$ (kN)			Forza inerziale(kN)			Spostam.virtuali (mm)			Lavoro virtuale (kN*mm)	
	PX	PY	PZ	EX	EY	EZ	δX	δY	δZ	L1	L2

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

L3													

		1	0.00	0.00	-5.48	3.88	3.88	0.00	3.163	3.163	0.617	-3.384	24.509
0.000		2	-24.27	-1.42	0.00	0.00	0.00	1.00	3.338	3.338	-0.102	-85.769	0.000
0.000		3	0.10	-24.32	0.00	0.00	0.00	1.00	3.338	3.338	-0.102	-80.808	0.000
0.000		4	2.58	-604.99	0.00	0.00	0.00	1.00	2.984	2.984	-0.102	-1797.574	0.000
0.000		5	-603.96	-35.43	0.00	0.00	0.00	1.00	2.984	2.984	-0.102	-1907.928	0.000
0.000		6	0.00	0.00	-0.36	0.25	0.25	0.00	3.113	3.113	0.947	-0.338	1.574
0.000		7	0.00	0.00	-18.80	13.29	13.29	0.00	2.139	2.139	0.453	-8.506	56.860
0.000		8	0.00	0.00	-14.35	10.15	10.15	0.00	2.163	2.163	0.401	-5.756	43.896
0.000		9	0.00	0.00	-4.42	3.13	3.13	0.00	3.166	3.166	0.555	-2.455	19.808
0.000		10	0.00	0.00	-0.37	0.26	0.26	0.00	3.106	3.106	0.893	-0.330	1.625
0.000													

n. = numero consecutivo del carico

PX, PY, PZ = componenti del carico totale $G+\psi^2 Q$ nel sistema XYZ

EX, EY = componenti orizzontali della forza inerziale corrispondente al carico

EZ = componente verticale della forza inerziale corrispondente al carico

$\delta X, \delta Y, \delta Z$ = spostamenti virtuali del punto di applicazione del carico nel sistema XYZ

(angolo di rotazione virtuale intorno all'asse di rotazione pari a 1 mrad)

L1 = lavoro virtuale delle forze statiche:

$L1 = \sum (n) [Pi \cdot \delta i]$

L2 = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche) orizzontali: $L2 = \sum (n) [EXi \cdot \delta Xi + EYi \cdot \delta Yi]$

L3 = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche) verticali: $L3 = \sum (n) [EZi \cdot \delta Zi]$

Moltiplicatore di collasso, Massa partecipante, Accelerazione di attivazione del meccanismo

$\alpha 0$	M*	e*	a0*
	(kgm)		(g)
26.255	4322	0.968	20.086

$\alpha 0$ = moltiplicatore di collasso

M* = massa partecipante

e* = frazione di massa partecipante

a0* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta, E = 1.000$

SLV: Verifiche di sicurezza

a1*	a2*	a*	PGA	TR	VN	PGA,CLV	TR,CLV
(g)	(g)	(g)	CLV	CLV	CLV	/PGA,DLV	/TR,DLV
0.159	0.000	0.159	0.407	2475	174	1.282	3.476

a1* = accelerazione spettrale richiesta su sistema rigido

a2* = accelerazione spettrale richiesta su sistema deformabile

PGA,CLV = capacità in termini di PGA per SLV

TR,CLV = capacità in termini di periodo di ritorno TR per SLV

VN,CLV = capacità in termini di Vita Nominale per SLV

PGA,CLV / PGA,DLV = ζ, E, SLV, PGA = indicatore di Rischio Sismico in termini di PGA per SLV

TR,CLV / TR,DLV = ζ, E, SLV, TR = indicatore di Rischio Sismico in termini di periodo di ritorno TR per SLV

SLV

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

4. 2) Cinematismo

Ribaltamento semplice

Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali

V (m ³)	H (m)	Z (m)	T1 (sec)	γ	FC	SLD
17.397	12.639	0.000	0.335	1.286	1.350	

V = volume dei corpi partecipanti al meccanismo
H = altezza della struttura rispetto alla fondazione
Z = altezza rispetto alla fondazione del baricentro delle linee di vincolo tra i corpi del meccanismo ed il resto della struttura
T1 = primo periodo di vibrazione
γ = Coefficiente di partecipazione modale
FC = fattore di confidenza
SLD = X indica che è richiesta la verifica di sicurezza per SLD

Asse di rotazione

Coord. punto iniziale (m)			Coord. punto finale (m)			Arretr.	K	N	fd	a
X	Y	Z	X	Y	Z	(m)		(kN)	(N/mm ²)	(m)
48.343	26.964	6.220	37.685	26.338	6.220	0.000	0.000	372.91	0.000	10.677

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione

X,Y,Z = coordinate dei punti iniziale e finale dell'asse di rotazione (considerando l'eventuale arretramento)

Carichi

n.	tipologia	Punto di applicazione (m)			Carico permanente G (kN)			Carico variabile Q (kN)			ψ2
		X	Y	Z	GX	GY	GZ	QX	QY	QZ	
1	peso proprio	42.925	26.425	8.495	0.00	0.00	-317.01	0.00	0.00	0.00	0.30
2	da nastro	48.343	26.964	10.440	2.58	-604.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
3	da nastro	37.685	26.338	10.440	0.00	-605.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
4	da nastro	37.685	26.338	10.440	603.96	35.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
5	da nastro	48.343	26.964	10.440	-603.96	-35.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
6	peso proprio	43.015	26.429	10.692	0.00	0.00	-48.32	0.00	0.00	0.00	0.30
7	da nastro	48.343	26.964	10.940	-24.27	-1.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
8	da nastro	37.685	26.338	10.940	24.27	1.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
9	da nastro	37.685	26.338	10.940	0.00	-24.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
10	da nastro	48.343	26.964	10.940	0.10	-24.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
11	da solaio	43.009	26.200	10.617	0.00	0.00	-7.58	0.00	0.00	-2.60	0.00

n. = numero consecutivo del carico

tipologia: peso proprio, da solaio, catena o generico

X,Y,Z = coordinate del punto di applicazione del carico nel sistema di riferimento globale XYZ

GX,GY,GZ, QX,QY,QZ = componenti del carico nel sistema XYZ

ψ2 = coefficiente di combinazione per il carico variabile (Tab.2.5.i), il valore di ψ2 (per carichi da solaio con più variabili aventi diversi coefficienti di combinazione, mostrato in tabella è pari alla media pesata: $P=G+\psi_2Q$, con G e Q carichi totali del solaio)

Nastri

- SRG:

n.	n° strati	Largh. (mm)	Spess. (mm)	E (N/mm ²)	ε,rott (per mille)	ε,dist.	Trazioni (kN)		
							Rottura	Distacco	Valore di calcolo
2	1	300	0.169	190000	1.5		24.316		24.316
3	1	300	0.169	190000	1.5		24.316		24.316

n. = numero del carico corrispondente al nastro in SRG

Dati:

n° strati, Larghezza, Spessore; E = modulo di elasticità normale nella direzione delle fibre

ε,rott = deformazione di calcolo a rottura per trazione; ε,dist = deformazione di distacco

Trazioni: rottura, distacco, valore di calcolo

- Acciaio:

n.	Largh. (mm)	Spess. (mm)	fyd (N/mm ²)	Trazione (kN)	
				Snervamento	Valore di calcolo
2	220	10.000	275	605.000	605.000
3	220	10.000	275	605.000	605.000
4	220	10.000	275	605.000	605.000
5	220	10.000	275	605.000	605.000

n. = numero del carico corrispondente al nastro in acciaio

Dati:

Larghezza, Spessore; fyd = tensione di snervamento di calcolo

Trazioni: snervamento, valore di calcolo

Forze, spostamenti, lavoro

Lavori di consolidamento versante tra via Prenestina Vecchia e Nuova in corrispondenza di Villetta Ortenzia e annessi interventi strutturali - Cave – Città Metropolitana di Roma Capitale

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

(kN*mm)	n.	Carico totale $G+\psi 2*Q$ (kN)			Forza inerziale(kN)			Spostam.virtuali (mm)			Lavoro virtuale	
		PX	PY	PZ	EX	EY	EZ	δX	δY	δZ	L1	L2
L3												
0.000	1	0.00	0.00	-317.01	-18.57	316.46	0.00	-0.133	2.271	0.220	-69.618	721.203
0.000	2	2.58	-604.99	0.00	0.00	0.00	1.00	-0.247	4.213	-0.002	-2549.332	0.000
0.000	3	0.00	-605.00	0.00	0.00	0.00	1.00	-0.247	4.213	-0.002	-2548.717	0.000
0.000	4	603.96	35.43	0.00	0.00	0.00	1.00	-0.247	4.213	-0.002	0.000	0.000
0.000	5	-603.96	-35.43	0.00	0.00	0.00	1.00	-0.247	4.213	-0.002	0.000	0.000
0.000	6	0.00	0.00	-48.32	-2.83	48.24	0.00	-0.262	4.465	0.219	-10.605	216.125
0.000	7	-24.27	-1.42	0.00	0.00	0.00	1.00	-0.276	4.712	-0.002	0.000	0.000
0.000	8	24.27	1.42	0.00	0.00	0.00	1.00	-0.276	4.712	-0.002	0.000	0.000
0.000	9	0.00	-24.32	0.00	0.00	0.00	1.00	-0.276	4.712	-0.002	-114.574	0.000
0.000	10	0.10	-24.32	0.00	0.00	0.00	1.00	-0.276	4.712	-0.002	-114.602	0.000
0.000	11	0.00	0.00	-7.58	-0.44	7.57	0.00	-0.258	4.390	0.448	-3.395	33.339

n. = numero consecutivo del carico
 PX,PY,PZ = componenti del carico totale $G+\psi 2*Q$ nel sistema XYZ
 EX,EY = componenti orizzontali della forza inerziale corrispondente al carico
 EZ = componente verticale della forza inerziale corrispondente al carico
 $\delta X,\delta Y,\delta Z$ = spostamenti virtuali del punto di applicazione del carico nel sistema XYZ
 (angolo di rotazione virtuale intorno all'asse di rotazione pari a 1 mrad)
 L1 = lavoro virtuale delle forze statiche: $L1=\sum(n)[P_i*\delta i]$
 L2 = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche) orizzontali: $L2=\sum(n)[EX_i*\delta X_i + EY_i*\delta Y_i]$
 L3 = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche) verticali: $L3=\sum(n)[EZ_i*\delta Z_i]$

Moltiplicatore di collasso, Massa partecipante, Accelerazione di attivazione del meccanismo

$\alpha 0$	M*	e*	a0*
	(kgm)		(g)
5.574	34886	0.917	4.501

$\alpha 0$ = moltiplicatore di collasso
 M* = massa partecipante
 e* = frazione di massa partecipante
 a0* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta,E = 1.000$

SLV: Verifiche di sicurezza

a1*	a2*	a*	PGA	TR	VN	PGA,CLV	TR,CLV
(g)	(g)	(g)	CLV	CLV	CLV	/PGA,DLV	/TR,DLV
0.159	0.000	0.159	0.407	2475	174	1.282	3.476

a1* = accelerazione spettrale richiesta su sistema rigido
 a2* = accelerazione spettrale richiesta su sistema deformabile
 PGA,CLV = capacità in termini di PGA per SLV
 TR,CLV = capacità in termini di periodo di ritorno TR per SLV
 VN,CLV = capacità in termini di Vita Nominale per SLV
 PGA,CLV / PGA,DLV = ζ,E,SLV,PGA = indicatore di Rischio Sismico in termini di PGA per SLV
 TR,CLV / TR,DLV = ζ,E,SLV,TR = indicatore di Rischio Sismico in termini di periodo di ritorno TR per SLV

SLV