



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU



**MINISTERO
DELLA
CULTURA**



PNRR – MISSIONE 1 – DIGITALIZZAZIONE, INNOVAZIONE, COMPETITIVITÀ E CULTURA,
COMPONENTE 3 – TURISMO E CULTURA 4.0, MISURA 2 “RIGENERAZIONE DI PICCOLI SITI
CULTURALI, PATRIMONIO CULTURALE, RELIGIOSO E RURALE, INVESTIMENTO 2.4:
“SICUREZZA SISMICA NEI LUOGHI DI CULTO, RESTAURO DEL PATRIMONIO CULTURALE DEL
FEC E SITI DI RICOVERO PER LE OPERE D’ARTE (RECOVERY ART)” –
LINEA D’AZIONE N. 1 “SICUREZZA SISMICA NEI LUOGHI DI CULTO, TORRI/CAMPANILI”

PROGETTO DI RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DELLA CHIESA DI SANTA VITTORIA AD ACQUAPENDENTE (Vt)

CUP F46J24000120006

Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

Soggetto attuatore: Diocesi di Viterbo

Rup: Don Giusto Neri

Progettista e DL architettonico: Arch. Arianna Tosini

Progettista e DL strutturale: Ing. Elisabetta Tosini

Versione:

Progetto Esecutivo

Data:

Maggio 2025

Revisione:

001 del 3/06/2025

INDICE

1.	PREMESSA	2
1.1.	Oggetto degli interventi	2
1.2.	Descrizione stato attuale e degli interventi	4
2.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	5
3.	INDAGINI GEOLOGICO-GEOTECNICHE	6
4.	CONOSCENZA DEL MANUFATTO	7
4.1.	Analisi storico-critica	7
4.2.	Rilievo geometrico.....	7
4.3.	Caratterizzazione meccanica dei materiali	7
4.4.	Conoscenza del manufatto e fattore di confidenza	7
5.	AZIONI DI CALCOLO E LORO COMBINAZIONI	9
5.1.	Carichi statici.....	9
5.2.	Azione sismica	9
5.3.	Combinazioni delle azioni	10
6.	DESCRIZIONE DELLE ANALISI E DELLE VERIFICHE CONDOTTE	11
7.	VERIFICA MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO	22
7.1.	Parete laterale – Ante Operam.....	22
7.2.	Parete laterale – Post Operam.....	26
7.3.	Facciata – Ante Operam	34
7.4.	Facciata – Post Operam	42
7.5.	Catene in copertura.....	55

1. PREMESSA

1.1. Oggetto degli interventi

La presente relazione descrive le verifiche effettuate per gli interventi da realizzarsi alla Chiesa di Santa Vittoria, situata nel Comune di Acquapendente (VT).



Figura 1 – Vista satellitare della zona oggetto di intervento

Il progetto è stato autorizzato mediante i fondi PNRR – Missione 1 – digitalizzazione, innovazione, competitività e cultura, componente 3 – turismo e cultura 4.0, misura 2 “rigenerazione di piccoli siti culturali, patrimonio culturale, religioso e rurale, investimento 2.4: “sicurezza sismica nei luoghi di culto, restauro del patrimonio culturale del Fec e siti di ricovero per le opere d’arte (Recovery Art)” – linea d’azione n. 1 “sicurezza sismica nei luoghi di culto, torri/campanili”.



Figura 2 – Vista della facciata della Chiesa



Figura 3. Prospetto laterale della Chiesa



Figura 4. Interno della Chiesa

1.2. Descrizione stato attuale e degli interventi

A seguito del terremoto del 2016 che ha interessato la zona dell'Alto Viterbese con epicentro nel limitrofo paese di San Lorenzo Nuovo, la chiesa è stata dichiarata inagibile a causa delle numerose lesioni.

La chiesa si presenta impostata su un sistema di pilastri e murature portanti. Le navate laterali – coperte con volte a crociera – comunicano con quella centrale attraverso archeggiature a tutto sesto, sostenute da pilastri che, a loro volta, sorreggono anche la volta a botte ribassata sviluppata lungo la navata maggiore. Il presbiterio è invece concluso da una terminazione absidale, mentre le due cappelle laterali risultano coperte rispettivamente: una (a nord-ovest) con una volta a crociera spingente; l'altra (a sud-est) con un soffitto piano.

La copertura della chiesa, a doppia falda spiovente, è stata oggetto di interventi probabilmente negli anni '70 dove sono state scaricate le volte da ogni carico ed è stata realizzata una copertura in cemento armato che scarica sulle pareti laterali e su timpani che poggiano su travi in acciaio.

La chiesa presenta uno stato conservativo mediocre sia sul fronte architettonico che strutturale. Oltre la presenza delle numerose lesioni, si osserva la presenza di diffuse infiltrazioni di acqua, localizzate in particolare nella navata laterale sinistra, dove hanno causato il distacco pittorico sia delle decorazioni che degli stucchi. Questi fenomeni di degrado sono altresì dovuti alla presenza di risalita capillare, lungo tutta la parete, causata dall'assenza di areazione della muratura per la presenza dell'area coperta limitrofa.

Considerato lo stato di fatto della struttura in oggetto, l'intervento prevede uno scavo nell'area adiacente per creare un sistema di areazione ed un sistema di incatenamento per creare collegamenti tra le muratura e una distribuzione uniforme delle forze orizzontali. L'incatenamento verrà realizzato sia all'interno della chiesa che nella parte della copertura sovrastante la volta della navata centrale per mezzo di croci di sant'andrea che collegano le travi in acciaio che sono state inserite negli interventi di copertura degli anni '70.

Verrà inoltre eseguita una revisione del manto di copertura.

L'intervento in esame ricade in quello definito al paragrafo 8.4.1 dalle NTC2018 di riparazione o intervento locale in quanto riguarda singole parti e/o elementi della struttura ed è volto a migliorare le caratteristiche di resistenza di elementi strutturali senza diminuire le condizioni preesistenti di sicurezza dell'intero fabbricato.

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Di seguito si riportano le normative tecniche utilizzate per le verifiche di sicurezza delle strutture in esame:

- **Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 2018** (nel seguito **NTC 2018**);
- Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 21 Gennaio 2019 n. 7, C.S.LL.PP. **“Istruzionei per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”** (nel seguito **Circolare 2019**).

Costituiscono inoltre utile riferimento le seguenti norme ed istruzioni:

- Eurocodice 5 - UNI EN 1995-1-1 **“Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali - Regole comuni e regole per gli edifici”**;
- CNR-DT 206-R1 2018 **“Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo delle Strutture di Legno”**.

3. INDAGINI GEOLOGICO-GEOTECNICHE

Visti i seguenti aspetti:

- il carattere locale dell'intervento che coinvolge la struttura esistente della copertura non a diretto contatto con le strutture di fondazione;
- non vi sono variazioni di carico sulle strutture verticali pertinenti;
- non vi sono variazioni di rigidità della struttura;
- non sono stati riscontrati segni di dissesto sulle strutture in elevazioni imputabili a cedimenti fondazionali;

non si ritiene necessario svolgere una campagna di indagini geologico-geotecnica e elaborare un apposito documento.

4. CONOSCENZA DEL MANUFATTO

In accordo a quanto indicato nelle NTC 2018 (cfr. par. 8.5, “Definizione del modello di riferimento per le analisi”), la procedura da seguire per la valutazione della sicurezza e la redazione del progetto include le seguenti fasi:

- analisi storico-critica del manufatto;
- rilievo geometrico;
- caratterizzazione meccanica dei materiali;
- scelta dei livelli di conoscenza e dei fattori di confidenza;
- determinazione delle azioni di calcolo.

4.1. Analisi storico-critica

Ai fini di una corretta individuazione del sistema strutturale e del suo stato di sollecitazione è importante ricostruire il processo di realizzazione e le successive modificazioni subite nel tempo dal manufatto, nonché gli eventi che lo hanno interessato.

Nel caso in esame si è proceduto ad una ricerca storica della Chiesa in testi relativi allo studio e alle trasformazioni storico-urbane del sito, procedendo anche attraverso uno studio diretto del manufatto volto ad una lettura della tessitura muraria.

4.2. Rilievo geometrico

Per la struttura in esame è stato realizzato un rilievo geometrico completo con laser scanner e drone che ha permesso la determinazione geometrica di tutta la struttura all'interno e all'esterno.

4.3. Caratterizzazione meccanica dei materiali

Per la struttura in esame non sono state eseguite indagini diagnostiche sui materiali ma è stata eseguita un'ispezione diretta al fine di determinare la tipologia e la conservazione dei materiali esistenti nella struttura.

4.4. Conoscenza del manufatto e fattore di confidenza

Per le costruzioni in muratura, i dati necessari per le valutazioni di cui sopra sono indicati nel paragrafo 8.5.3.1 della Circolare 2019, “Costruzioni in muratura”.

Si distinguono tre livelli di conoscenza:

- LC1: Conoscenza Limitata;
- LC2: Conoscenza Adeguata;
- LC3: Conoscenza Accurata.

Gli aspetti che definiscono i livelli di conoscenza sono: geometria, dettagli costruttivi e materiali così come individuati nel paragrafo precedente. La relazione tra livelli di conoscenza, metodi di analisi e fattori di confidenza è illustrata nel paragrafo 8.5.4.

Nel caso specifico è stato raggiunto il seguente livello di conoscenza :

- **LC1: Conoscenza Limitata** per il materiale muratura a cui è associato un fattore di confidenza pari a 1,35

Le murature portanti sono realizzate con muratura a conci regolari di pietra tenera.

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

(*) Nella muratura a conci sbazzati i valori di resistenza tabellati si possono incrementare se si riscontra la sistematica presenza di zeppe profonde in pietra che migliorano i contatti e aumentano l'ammorsamento tra gli elementi lapidei; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente pari a 1,2.

(**) Data la varietà litologica della pietra tenera, il peso specifico è molto variabile ma può essere facilmente stimato con prove dirette. Nel caso di muratura a conci regolari di pietra tenera, in presenza di una caratterizzazione diretta della resistenza a compressione degli elementi costituenti, la resistenza a compressione f_{pu} può essere valutata attraverso le indicazioni del § 11.10 delle NTC.

(***) Nella muratura a mattoni pieni è opportuno ridurre i valori tabellati nel caso di giunti con spessore superiore a 13 mm; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente riduttivo pari a 0,7 per le resistenze e 0,8 per i moduli elastici.

Figura 5. Caratterizzazione meccanica della muratura in accordo alla Circolare 2019.

5. AZIONI DI CALCOLO E LORO COMBINAZIONI

Di seguito si riportano le azioni implementate nelle analisi e le loro diverse combinazioni ai sensi delle NTC 2018.

5.1. Carichi statici

Si rimanda ai paragrafi delle verifiche per le quali vengono riportati i carichi considerati.

5.2. Azione sismica

Spettro di Risposta allo SLC

Periodo di ritorno per lo SLC (T_r):	1462 [anni]
Probabilità di superamento per lo SLC (P_{ver}):	5 [%]
Periodo di inizio del tratto a velocità costante per lo SLC (T_c^*):	0,294 [sec]
Accelerazione orizzontale massima al sito per lo SLC (a_g):	0,197 [g]
Fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale per lo SLC (F_o):	2,55 [-]
Periodo dello spettro T_b :	0,15 [sec]
Periodo dello spettro T_c :	0,46 [sec]
Periodo dello spettro T_d :	2,39 [sec]
Coefficiente di sottosuolo S :	1,46 [-]

Spettro di Risposta allo SLV

Periodo di ritorno per lo SLV (T_r):	712 [anni]
Probabilità di superamento per lo SLV (P_{ver}):	10 [%]
Periodo di inizio del tratto a velocità costante per lo SLV (T_c^*):	0,286 [sec]
Accelerazione orizzontale massima al sito per lo SLV (a_g):	0,161 [g]
Fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale per lo SLV (F_o):	2,52 [-]
Periodo dello spettro T_b :	0,15 [sec]
Periodo dello spettro T_c :	0,45 [sec]
Periodo dello spettro T_d :	2,24 [sec]
Coefficiente di sottosuolo S :	1,46 [-]

Spettro di Risposta allo SLD

Periodo di ritorno per lo SLD (T_r):	75 [anni]
Probabilità di superamento per lo SLD (P_{ver}):	63 [%]
Periodo di inizio del tratto a velocità costante per lo SLD (T_c^*):	0,270 [sec]
Accelerazione orizzontale massima al sito per lo SLD (a_g):	0,073 [g]
Fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale per lo SLD (F_o):	2,51 [-]
Periodo dello spettro T_b :	0,15 [sec]
Periodo dello spettro T_c :	0,44 [sec]
Periodo dello spettro T_d :	1,89 [sec]
Coefficiente di sottosuolo S :	1,50 [-]

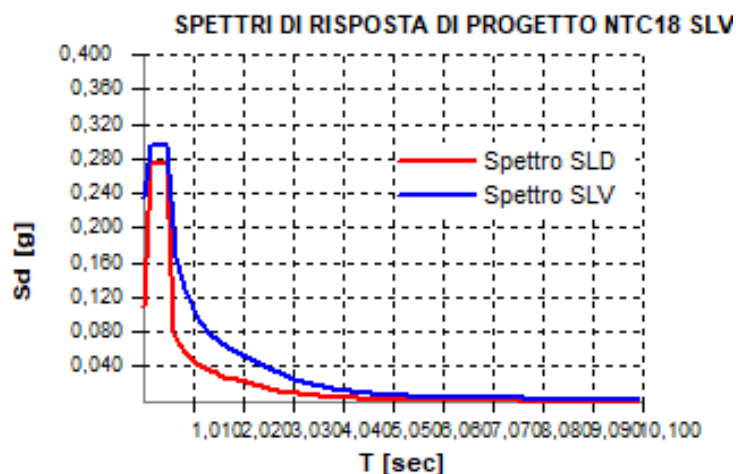


Figura 6. Spettro di risposta di Progetto

5.3. Combinazioni delle azioni

Ai fini delle verifiche degli stati limite considerati sono state definite le combinazioni delle azioni in accordo al paragrafo 2.5.3 delle NTC 2018.

		Coefficiente γ_F	EQU	A1	A2
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.1]
- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.2]
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.3]
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.4]
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.5]
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.6]

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

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Figura 7 –Coefficienti e combinazioni delle azioni utilizzate (NTC 2018)

6. DESCRIZIONE DELLE ANALISI E DELLE VERIFICHE CONDOTTE

Per la struttura in esame vengono effettuate analisi di meccanismo di collasso.

METODO DI CALCOLO

Le analisi dei meccanismi di collasso vengono sviluppate tramite l'analisi limite dell'equilibrio, secondo l'approccio cinematico, basato sulla scelta del meccanismo di collasso e la valutazione dell'azione orizzontale che attiva tale cinematismo, come descritto al paragrafo C8.7.1.2. *MECCANISMI LOCALI - METODI DI ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA E CRITERI DI VERIFICA* della circolare n°7. 21/01/2019.

ANALISI CINEMATICA LINEARE

I meccanismi locali si verificano nelle pareti murarie prevalentemente per azioni perpendicolari al loro piano, mentre nel caso di sistemi ad arco anche per azioni nel piano. Le normative suggeriscono di effettuare le verifiche con riferimento ai meccanismi locali di danno e collasso (nel piano e fuori piano) tramite l'analisi limite dell'equilibrio, secondo l'approccio cinematico, basato sulla scelta del meccanismo di collasso e la valutazione dell'azione orizzontale che attiva tale cinematismo. Nel caso di analisi cinematica le strutture murarie sono considerate costituite da macroelementi indeformabili (o da corpi rigidi) ignorando quindi la deformabilità del materiale, che permette le verifiche di tipo statico. L'analisi ha lo scopo di valutare le condizioni di equilibrio limite dei macroelementi sollecitati dal sisma, trascurando la resistenza a trazione della muratura. La costruzione va studiata per individuare, sulla base dell'organizzazione strutturale, delle sue carenze e del suo stato di fatto, i meccanismi che possono essere attivati.

Si ricorda che per ogni possibile meccanismo locale ritenuto significativo per l'edificio, il metodo in generale richiede i seguenti passi:

- trasformazione di una parte della costruzione in un sistema labile (catena cinematica), attraverso l'individuazione di corpi rigidi, in grado di ruotare o scorrere tra loro (meccanismo di danno e collasso);
- valutazione, mediante analisi cinematica lineare, del moltiplicatore orizzontale dei carichi α_0 che comporta l'attivazione del meccanismo (stato limite di danno);
- valutazione, mediante analisi cinematica non lineare, dell'evoluzione del moltiplicatore orizzontale dei carichi α al crescere dello spostamento d_k di un punto di controllo della catena cinematica, usualmente scelto in prossimità del baricentro delle masse, fino all'annullamento della forza sismica orizzontale;
- trasformazione della curva così ottenuta in curva di capacità, ovvero in accelerazione a^* e spostamento d^* spettrali, con valutazione dello spostamento ultimo per collasso del meccanismo (stato limite ultimo);
- verifiche di sicurezza, attraverso il controllo della compatibilità degli spostamenti e/o delle resistenze richieste alla struttura.

Oltre alla resistenza nulla a trazione della muratura, per l'applicazione del metodo di analisi si ipotizza, in genere:

- assenza di scorrimento tra i blocchi;
- resistenza a compressione infinita della muratura.

Con l'analisi cinematica lineare, assegnata una rotazione virtuale θ_k al generico

blocco k, è possibile determinare in funzione di questa e della geometria della struttura, gli spostamenti delle diverse forze applicate nella rispettiva direzione. Il moltiplicatore α_0 si ottiene applicando il Principio dei Lavori Virtuali, in termini di spostamenti, uguagliando il lavoro totale eseguito dalle forze esterne ed interne applicate al sistema in corrispondenza dell'atto di moto virtuale:

$$\alpha_0 = \frac{\sum_{k=1}^n P_k \delta_{Py,k} - \sum_{k=1}^m F_k \delta_{F,k} + L_i}{\sum_{k=1}^n (P_k + Q_k) \delta_{PQx,k}}$$

dove:

- N è il numero dei blocchi di cui è costituita la catena cinematica;
- m è il numero di forze esterne, assunte indipendenti dall'azione sismica, applicate ai diversi blocchi;
- P_k è la risultante delle forze peso applicate al k-esimo blocco (peso proprio del blocco, applicato nel suo baricentro, sommato agli altri pesi portati);
- Q_k è la risultante delle forze peso non gravanti sul k-esimo blocco ma la cui massa genera su di esso una forza sismica orizzontale, in quanto non efficacemente trasmessa ad altre parti dell'edificio;
- F_k è la generica forza esterna applicata ad uno dei blocchi; tali forze possono favorire l'attivazione del meccanismo (ad es. spinte di volte) o ostacolarlo (ad es. archi di contrasto, ovvero forze attrittive che si sviluppano in presenza di parti della costruzione non coinvolte nel meccanismo);
- $\delta_{py,k}$ è lo spostamento virtuale verticale del baricentro delle forze peso proprie e portate P_k , agenti sul k-esimo blocco, assunto positivo se verso l'alto;
- $\delta_{F,k}$ è lo spostamento virtuale del punto d'applicazione della forza esterna F_k , proiettato nella direzione della stessa (di segno positivo o negativo a seconda che questa favorisca o contrasti il meccanismo);
- $\delta_{PQ,k}$ è lo spostamento virtuale orizzontale del baricentro delle forze orizzontali $\alpha(P_k+Q_k)$ agenti sul k-esimo blocco, assumendo come verso positivo quello dell'azione sismica che attiva il meccanismo;
- L_i è il lavoro totale di eventuali forze interne (allungamento di una catena; scorrimento con attrito in presenza di ammorsamento tra i blocchi del meccanismo, dovuto a moti relativi traslazionali o torsionali; deformazione nel piano di solai o coperture collegate ma non rigide).

VERIFICHE ESEGUITE

Verifica SLD e SLV con analisi lineare a quota zero.

Nel caso in cui la verifica riguardi un elemento isolato o una porzione della costruzione comunque sostanzialmente appoggiata a terra, la verifica di sicurezza è soddisfatta se l'accelerazione spettrale a_g che attiva il meccanismo, confrontata con l'accelerazione al suolo soddisfa la seguente disuguaglianza:

$$\text{SLD:} \quad a_{g,\text{SLD}} \geq \frac{a_g \cdot S}{q_{\text{SLD}}}$$

SLV:

$$a_{g,SLV} \geq \frac{a_g \cdot S}{q_{SLV}}$$

Verifica mediante spettro di capacità (analisi cinematica non lineare)

La verifica di sicurezza dei meccanismi locali nei confronti dello Stato limite di salvaguardia della vita consiste nel confronto tra la capacità di spostamento ultimo d_u^* del meccanismo locale e la domanda di spostamento ottenuta dallo spettro di spostamento in corrispondenza del periodo secante T_s .

Cinem. quota zero:

$$d_u^* \geq S_{De}(T_{SLV})$$

Cinem. quota sopraelevata:

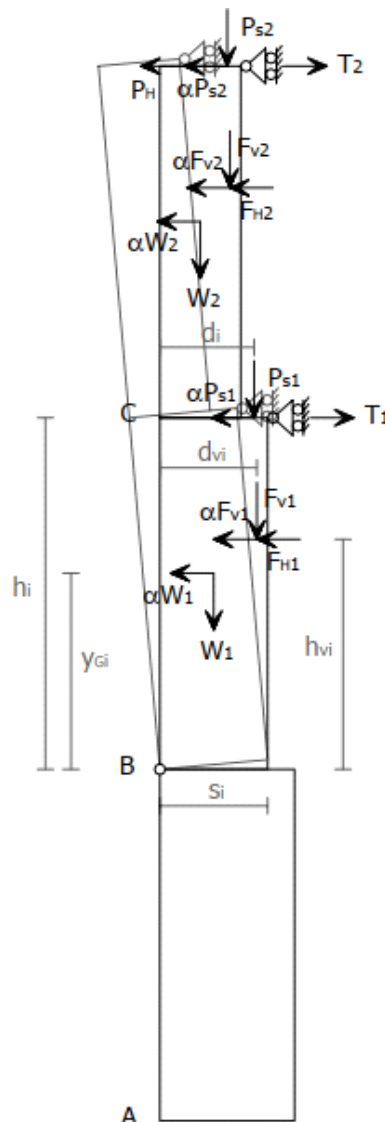
$$d_u^* \geq S_{ez}(T_{SLV}, \xi, z) \frac{T_{SLV}^2}{4\pi^2}$$

dove:

$$S_{ez}(T_{SLV}, \xi, z) = 1.1 \xi^{-0.5} \eta(\xi) a_{z,k}(z)$$

Metodo di calcolo adottato per i meccanismi locali

Meccanismo di Ribaltamento Semplice:



- n è il numero di piani interessati dal cinematismo;
- W_i è il peso proprio della parete al piano i -esimo;
- F_{vi} è la componente verticale della spinta di archi o volte sulla parete al piano i -esimo;
- F_{hi} è la componente orizzontale della spinta di archi o volte sulla parete al piano i -esimo;
- T_i è il valore massimo dell'azione di un eventuale tirante presente in testa alla parete del piano i -esimo;
- P_{si} è il peso del solaio agente sulla parete all' i -esimo piano calcolato in base all'area di influenza;
- s_i è lo spessore della parete all' i -esimo piano;
- h_i è l'altezza della parete al piano i -esimo rispetto alla cerniera cilindrica del meccanismo;
- h_{vi} è l'altezza del punto di applicazione della spinta di archi o volte al piano i -esimo rispetto alla cerniera cilindrica del meccanismo;
- d_i è la distanza orizzontale della cerniera cilindrica del punto di applicazione del carico del solaio sulla parete del piano i -esimo;
- d_{vi} sono le distanze orizzontali della cerniera cilindrica dei punti di applicazione delle forze F_{vi} ;
- y_{gi} è l'altezza del baricentro della parete al piano i -esimo rispetto alla cerniera cilindrica del meccanismo;
- α è il moltiplicatore delle forze orizzontali.

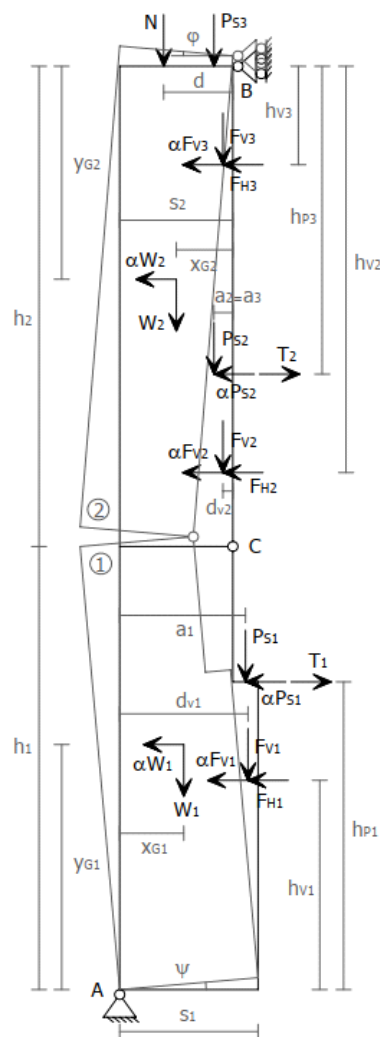
$$M_s = \sum_{i=1}^n W_i \frac{s_i}{2} + \sum_{i=1}^n F_{vi} d_{vi} + \sum_{i=1}^n P_{si} d_i + \sum_{i=1}^n T_i h_i$$

$$M_R = \alpha \left[\sum_{i=1}^n W_i y_{gi} + \sum_{i=1}^n F_{vi} d_{vi} + \sum_{i=1}^n P_{si} d_i \right] + \sum_{i=1}^n F_{hi} h_{vi} + \sum_{i=1}^n P_{Hi} h_i$$

Uguagliando i termini ricaviamo il moltiplicatore di collasso

$$\alpha_0 = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \frac{s_i}{2} + \sum_{i=1}^n F_{vi} d_{vi} + \sum_{i=1}^n P_{si} d_i + \sum_{i=1}^n T_i h_i - \sum_{i=1}^n F_{hi} h_{vi} - \sum_{i=1}^n P_{Hi} h_i}{\left[\sum_{i=1}^n W_i y_{gi} + \sum_{i=1}^n F_{vi} d_{vi} + \sum_{i=1}^n P_{si} d_i \right]}$$

Meccanismo di Flessione Verticale:



- n è il numero di piani interessati dal cinematismo;
- W_i è il peso proprio della parete al piano i -esimo;
- F_{vi} è la componente verticale della spinta di archi o volte sulla parete al piano i -esimo;
- F_{hi} è la componente orizzontale della spinta di archi o volte sulla parete al piano i -esimo;
- T_i è il valore massimo dell'azione di un eventuale tirante presente in testa alla parete del piano i -esimo;
- N è il peso trasmesso al corpo 2 dalle murature superiori;
- h_{pi} è la distanza verticale del punto di applicazione del carico trasmesso dal solaio i -esimo rispetto al polo di riduzione del macro-elemento su cui poggia;
- P_{si} è il peso del solaio agente sulla parete all' i -esimo piano calcolato in base all'area di influenza;
- s_i è lo spessore della parete all' i -esimo piano;
- h_i è l'altezza del macro-elemento i -esimo rispetto alla cerniera cilindrica del meccanismo;
- h_{vi} è l'altezza del punto di applicazione della spinta di archi o volte al piano i -esimo rispetto alla cerniera cilindrica del meccanismo;

- d_i è la distanza orizzontale della cerniera cilindrica del punto di applicazione del carico del solaio sulla parete del piano i-esimo;
- d_{vi} sono le distanze orizzontali della cerniera cilindrica dei punti di applicazione delle forze F_{vi} ;
- y_{gi} è l'altezza del baricentro della parete al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica del meccanismo;
- a_i è la distanza orizzontale del punto di applicazione del carico trasmesso dai solai rispetto al polo di riduzione del macroelemento coinvolto;
- α è il moltiplicatore delle forze orizzontali.

Applicando l'equazione dei lavori virtuali si ha:

$$\alpha [W_1 \delta_{1x} + W_2 \delta_{2x} + F_{V1} \delta_{V1x} + F_{V2} \delta_{V2x} + P_{s1} \delta_{P1x}] + F_{H1} \delta_{V1x} + F_{H2} \delta_{V2x} =$$

$$[W_1 \delta_{1y} + W_2 \delta_{2y} + F_{V1} \delta_{V1y} + F_{V2} \delta_{V2y} + N \delta_{Ny} + P_{s1} \delta_{P1y} + P_{s2} \delta_{P2y} + T \delta_{P1x}]$$

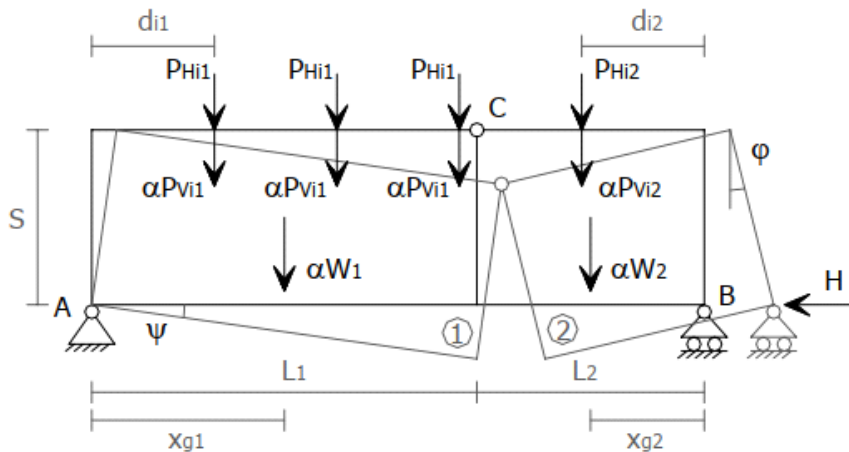
Uguagliando i termini ricaviamo il moltiplicatore di collasso

$$\alpha = \frac{E}{W_1 y_{G1} + F_{V1} h_{V1} + P_{s1} h_p + (W_2 y_{G2} + F_{V2} h_{V2}) \frac{h_1}{h_2}}$$

$$E = \frac{W_1}{2} s_1 + F_{V1} \delta_{V1} + (W_2 + P_{s2} + N + F_{V2}) s_2 + P_{s1} a_1 - F_{H1} h_{V1} + Th_p$$

$$+ \left(\frac{W_2}{2} s_2 - F_{V2} h_{V2} + F_{V2} d_{V2} + Nd + P_{s2} a_2 \right) \frac{h_1}{h_2}$$

Meccanismo di Flessione Orizzontale:



- W_i è il peso proprio del macroelemento i-esimo;
- P_{Vi1} rappresenta l'i-esimo carico verticale trasmesso in testa al macroelemento 1;
- P_{Vi2} rappresenta l'i-esimo carico verticale trasmesso in testa al macroelemento 2;
- P_{Hi1} è l'i-esima spinta statica trasmessa dalla copertura in testa al corpo 1;
- P_{Hi2} è l'i-esima spinta statica trasmessa dalla copertura in testa al corpo 2;
- H rappresenta il valore massimo della reazione sopportabile dalla parete, o dalle

pareti, di controvento oppure dall'eventuale tirante orizzontale;

- s è lo spessore della parete;
- L_i è la lunghezza del macroelemento i -esimo;
- d_{i1} è la distanza orizzontale del punto di applicazione dell' i -esimo carico che agisce in testa al corpo 1 rispetto al proprio polo di riduzione (cerniera in A);
- d_{i2} è la distanza orizzontale del punto di applicazione dell' i -esimo carico che agisce in testa al corpo 2 rispetto al proprio polo di riduzione (carrello in B);
- x_{Gi} è la distanza orizzontale del baricentro del corpo i -esimo dal proprio polo di riduzione.

L'equazione dei lavori virtuali risulta essere:

$$\alpha \left[W_1 \delta_{1y} + W_2 \delta_{2y} + \sum_i P_{vi1} \delta_{Pi1y} + \sum_i P_{vi2} \delta_{Pi2y} \right] + \sum_i P_{Hi1} \delta_{Pi1y} + \sum_i P_{Hi2} \delta_{Pi2y} - H \delta_{Hx} = 0$$

Da cui ricaviamo il moltiplicatore di collasso:

$$\alpha \left[W_1 x_{G1} + W_2 x_{G2} \frac{L_1}{L_2} + \sum_i P_{vi1} d_{i1} + \sum_i P_{vi2} d_{i2} \frac{L_1}{L_2} \right] + \sum_i P_{Hi1} d_{i1} + \sum_i P_{Hi2} d_{i2} \frac{L_1}{L_2} - H s \left(1 + \frac{L_1}{L_2} \right) = 0$$

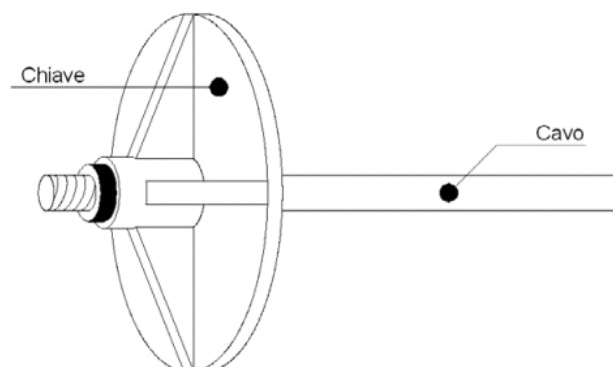
$$\alpha = \frac{- \sum_i P_{Hi1} d_{i1} - \sum_i P_{Hi2} d_{i2} \frac{L_1}{L_2} + H s \left(1 + \frac{L_1}{L_2} \right)}{\left[W_1 x_{G1} + W_2 x_{G2} \frac{L_1}{L_2} + \sum_i P_{vi1} d_{i1} + \sum_i P_{vi2} d_{i2} \frac{L_1}{L_2} \right]}$$

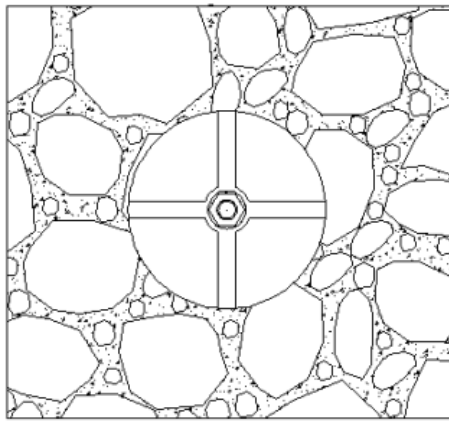
Resistenza dei Tiranti in Acciaio e Verifica del Capochiave

Resistenza Tiranti

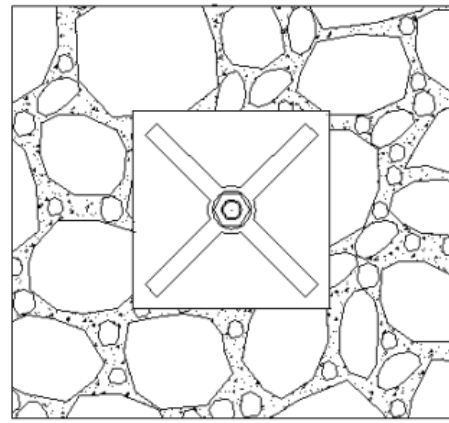
I tiranti in acciaio sono composti da due parti:

- *capochiave* (con la presenza o assenza di nervature);
- *cavo* (di solito di forma circolare).





a) Circolare



b) Rettangolare

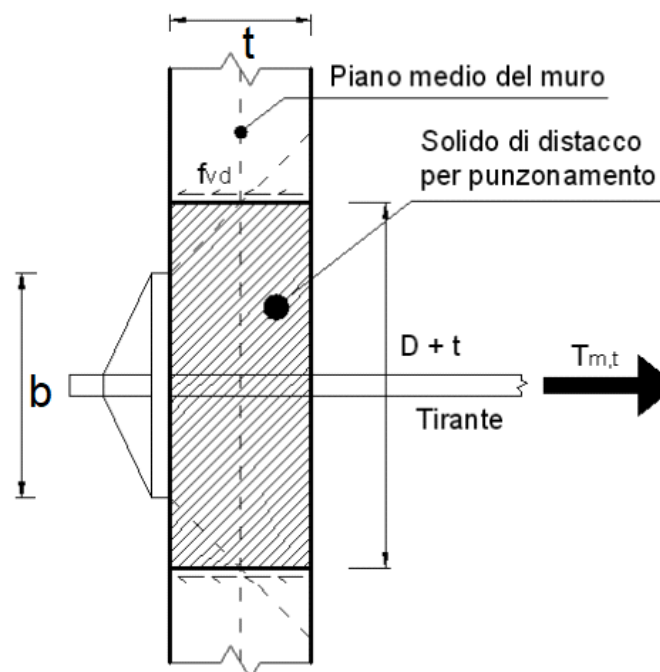
All'interno del programma sono presenti tiranti con capochiave circolare o capochiave rettangolare.

La resistenza massima di trazione che il tirante può sopportare e trasmettere alla muratura dipendono sia dalle caratteristiche geometriche e meccaniche sia della muratura e sia dell'elemento in acciaio.

La resistenza del tirante è il minimo delle resistenze di tale elemento riportate in seguito:

- Resistenza a Punzonamento;
- Resistenza a Schiacciamento;
- Resistenza a Snervamento del cavo del tirante;
- Resistenza a plasticizzazione della piastra del capochiave.

e vengono calcolati come quanto segue:



Resistenza a Punzonamento

$$R_{punz} = \int_{C^*} f_{vd} t dc^*$$

Resistenza a Schiacciamento

$$R_{SCH} = \int_A f_{cd} dA$$

Resistenza a Snervamento

$$R_{SNV} = f_{yd} \omega_s$$

$$\omega_s = \frac{\pi \phi^2}{4}$$

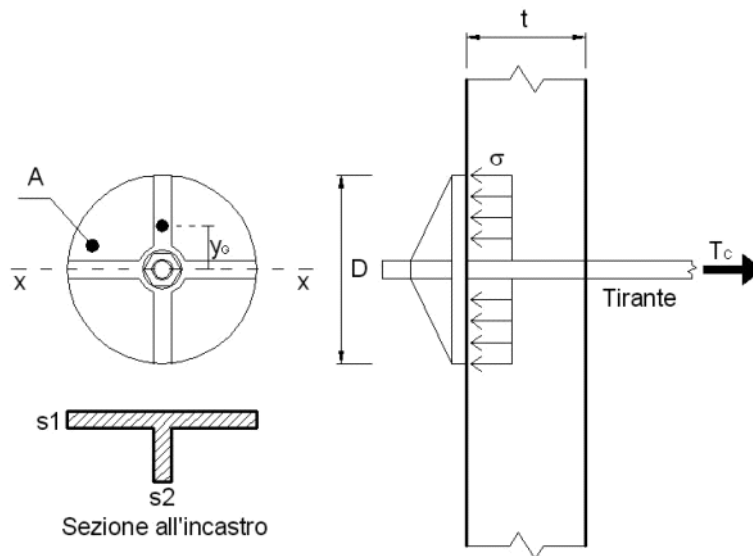
Resistenza a plasticizzazione piastra

$$R_{pl} = \frac{2M_y}{y_p} \quad y_p = \frac{2D}{3\pi} \quad \text{Circolare}$$

$$y_p = \frac{B}{4} \quad \text{Quadrate}$$

Verifica Capochiave

La verifica del capochiave invece avviene tramite il criterio di Von Mises. Ovvero vengono calcolate le tensioni normali e tensioni tangenziali che si generano nel capochiave dallo sforzo di trazione di calcolo e confrontate con la tensione di calcolo di esso.



$$M_{ed} = V_{ed} y_p \quad \text{Momento Flettente}$$

$$y_p = \frac{2D}{3\pi}$$

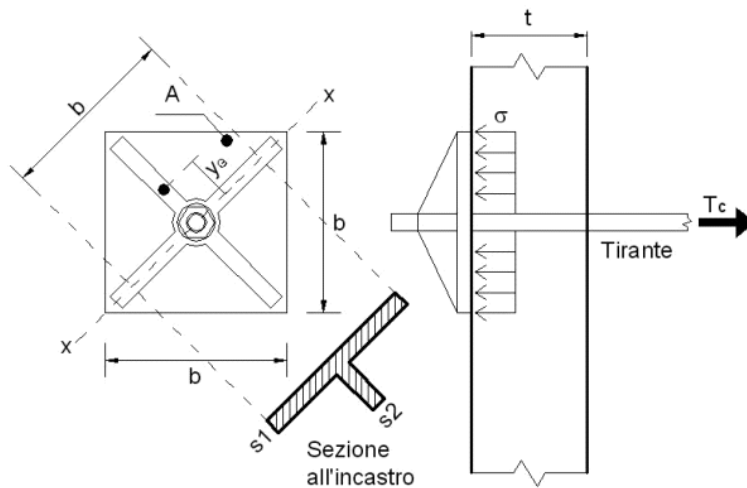
$$V_{ed} = \frac{T}{2}$$

Sforzo Tagliante

$$\sigma = \frac{M_{ed}}{I_{xx}} y_{\max} \quad \text{Navier}$$

$$\tau = \frac{V_{ed} S'}{I_{xx} b} \quad \text{Jouraswky}$$

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma_{(x,y)}^2 + 3\tau_{(x,y)}^2} \quad \text{VonMises}$$



$$M_{ed} = V_{ed} y_p \quad \text{Momento Flettente}$$

$$y_p = \frac{\sqrt{2} b}{6}$$

$$V_{ed} = \frac{T}{2}$$

$$\text{Sforzo Tagliante}$$

$$\sigma = \frac{M_{ed}}{I_{xx}} y_{\max} \quad \text{Navier}$$

$$\tau = \frac{V_{ed} S'}{I_{xx} b} \quad \text{Jouraswky}$$

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma_{(x,y)}^2 + 3\tau_{(x,y)}^2} \quad \text{VonMises}$$

Calcolo Sforzo di calcolo nei Tiranti e Cordoli

Lo sforzo assorbito dai vincoli in sommità ad ogni parete (cordoli in testa o tiranti) viene calcolato tramite n equazioni di equilibrio a rotazione (dove n è il numero di piani che costituiscono la parete).

Nell'equazione di equilibrio di partenza vengono considerate le forze agenti all' n -esimo piano, si calcola Momento Ribaltante $M_r(\alpha_0)$ e Momento Stabilizzante $M_s(T_n)$ attorno alla base di tale piano, e dall'uguaglianza del momento ribaltante e stabilizzante si ricava l'incognita T_n .

Nelle successive k equazioni di equilibrio vengono considerate le forze agenti dall' n -esimo piano fino al $(n-k)$ -esimo piano, si calcola Momento Ribaltante $M_r(\alpha_0)$ e Momento Stabilizzante $M_s(T_n, T_{n-1}, \dots, T_{n-k})$ attorno alla base dell' $(n-k)$ -esimo piano, e dall'uguaglianza del momento ribaltante e stabilizzante ricavo l'incognita T_{n-k} .

Per esempio, se si consideri una parete che si sviluppa dal piano terra al secondo piano (quindi $n = 2$), la prima equazione di equilibrio prevede le sole forze presenti al secondo piano e l'unica incognita risulta essere lo sforzo T_2 .

L'equazione di equilibrio successiva invece prevede le forze presenti al secondo e al primo piano e l'unica incognita rimane T_1 (poiché T_2 risulta essere già calcolata dall'equazione di equilibrio precedente).

Successivamente l'equazione di equilibrio prevede le forze presenti al secondo, al primo piano e al piano terra dove l'unica incognita da calcolare risulta T_0 .

Nel caso lo sforzo dei tiranti derivanti dall'equazione di equilibrio risulti essere minore di zero (quindi in compressione e di conseguenza non accettabile) il programma pone tale sforzo pari a zero. Allo sforzo calcolato tramite tale procedura viene sommato il contributo di pretensione presente nell'Archivio dei Tiranti per ciascun tirante.

Il valore di α_0 utilizzato, per il calcolo per ogni equazione di equilibrio, è pari al valore

tale da soddisfare la verifica semplificata allo SLV (procedura semplificata).

Infatti si calcoli

$$a^* = \max\{a_{0(z=0)}^*; a_{0(z=H)}^*\}$$

Con:

- $a_{0(z=0)}^*$ è l'accelerazione che attiva il meccanismo a quota zero
- $a_{0(z=H)}^*$ è l'accelerazione che attiva il meccanismo a quota diversa da zero

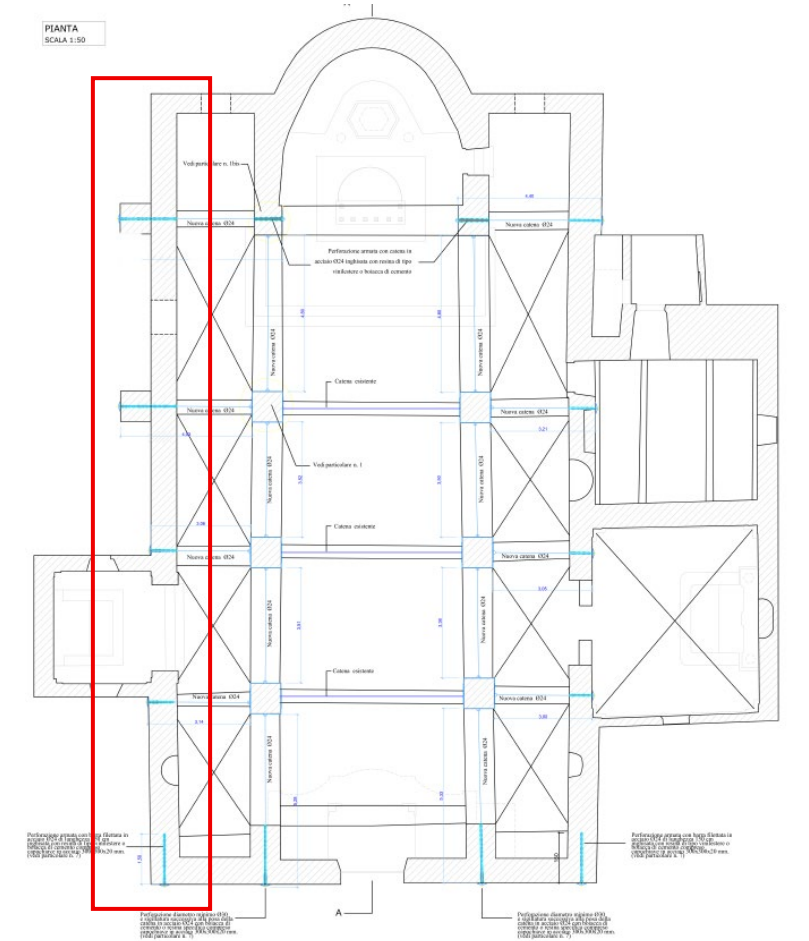
Noto a^* si procede al calcolo del coefficiente

$$\alpha_0 = \frac{a^* e^* F_c}{q}$$

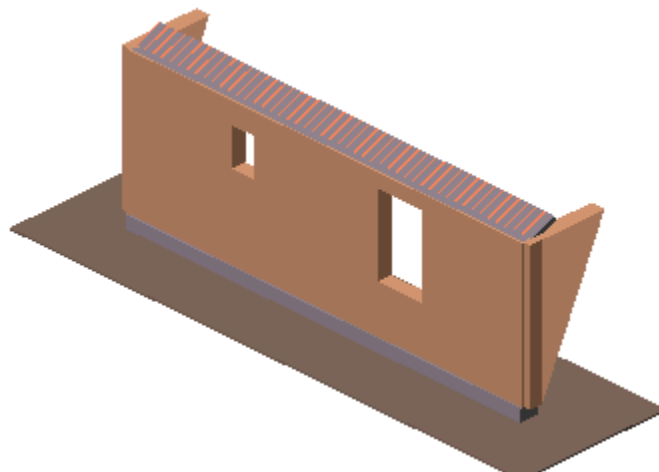
7. VERIFICA MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO

7.1. Parete laterale – Ante Operam

La parete considerata nel calcolo è quella di seguito evidenziata nell'immagine. A favore di sicurezza è stata considerata a tutta altezza e non è stata considerata la presenza della cappella e degli speroni aggiunti successivamente alla costruzione.



Geometria delle pareti:



Altezza della parete n° 1:	8,00 [m]
Larghezza della parete n° 1:	23,60 [m]
Spessore della parete n° 1:	0,80 [m]

Rientro della parete n° 1:	0,00 [m]
Peso della parete n° 1:	2231,94 [kN]
Caratteristiche delle Aperture:	
Apertura n° 1: finestra apertura singola	
Altezza dell'apertura:	2,10 [m]
Base dell'apertura:	1,30 [m]
Altezza inferiore dell'apertura:	4,70 [m]
Posizione dell'apertura:	6,30 [m]
Apertura n° 2: porta ingresso	
Altezza dell'apertura:	4,50 [m]
Base dell'apertura:	2,60 [m]
Altezza inferiore dell'apertura:	2,70 [m]
Posizione dell'apertura:	15,00 [m]
Caratteristiche parete di ammorsamento:	
Posizione orizzontale della parete di Ammorsamento:	0,00 [m]
Larghezza Inferiore della parete di Ammorsamento:	0,00 [m]
Larghezza Superiore della parete di Ammorsamento:	3,73 [m]
Inclinazione della parete di Ammorsamento:	25,00 [°]
Spessore della parete di Ammorsamento:	0,80 [m]
Caratteristiche parete di ammorsamento:	
Posizione orizzontale della parete di Ammorsamento:	23,60 [m]
Larghezza Inferiore della parete di Ammorsamento:	0,00 [m]
Larghezza Superiore della parete di Ammorsamento:	3,73 [m]
Inclinazione della parete di Ammorsamento:	25,00 [°]
Spessore della parete di Ammorsamento:	0,80 [m]
Descrizione Tipologia di Solaio:	
Copertura volta	
G _{1k} carico permanente strutturale del solaio:	1,00 [kN/mq]
G _{2k} carico permanente non strutturale del solaio:	1,00 [kN/mq]
q ₂ coefficiente carico variabile del solaio:	0,00 [-]
Q _k carico variabile del solaio:	0,50 [kN/mq]
is: semi-lunghezza del solaio:	1,60 [m]
es: eccentricità delle reazioni di appoggio del solaio:	0,05 [m]
p _{vd} carico di calcolo verticale del solaio della parete:	2,00 [kN/mq]
p _{hd} carico di calcolo orizzontale del solaio della parete:	2,00 [kN/mq]

Proprietà meccaniche e di resistenza della parete

Tipologia muraria: Muratura a conci di pietra tenera (tufo calcarenite ecc.)	
Modulo Elastico minimo:	1,20E+06 [kN/mq]
Modulo Elastico massimo:	1,62E+06 [kN/mq]
Resistenza minima a compressione:	2,00E+03 [kN/mq]
Resistenza massima a compressione:	3,20E+03 [kN/mq]
Resistenza minima a taglio:	4,00E+01 [kN/mq]
Resistenza minima a taglio:	8,00E+01 [kN/mq]
Resistenza media a compressione:	2,60E+03 [kN/mq]
Resistenza media a taglio:	6,00E+01 [kN/mq]
Peso specifico γ :	1,60E+01 [kN/mc]
Livello di Conoscenza LC1 con un fattore di sicurezza pari a:	1,35 [-]
Coefficiente di sicurezza sulle proprietà meccaniche γ_{m2} :	2,00 [-]
Resistenza di calcolo a compressione:	740,7407 [kN/mq]
Resistenza di calcolo a taglio:	14,8148 [kN/mq]

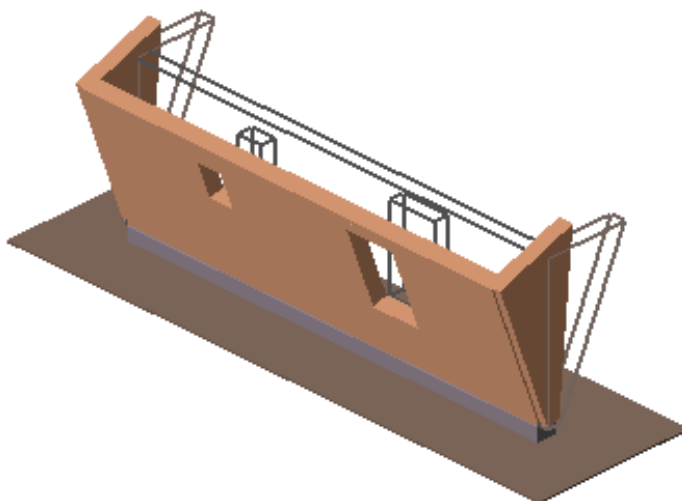
Geometria della Copertura:

Descrizione Tipologia di Solaio:
Copertura Praticabile

G_{1k} carico permanente strutturale del solaio:	4,08 [kN/mq]
G_{2k} carico permanente non strutturale del solaio:	1,00 [kN/mq]
ρ_2 coefficiente carico variabile del solaio:	0,00 [-]
Q_k carico variabile del solaio:	0,50 [kN/mq]
i_s : semi-lunghezza del solaio:	1,60 [m]
e_s : eccentricità delle reazioni di appoggio del solaio:	0,05 [m]
p_{vd} carico di calcolo verticale del solaio della parete:	5,08 [kN/mq]
p_{hd} carico di calcolo orizzontale del solaio della parete:	5,08 [kN/mq]

Risultati Meccanismi Locali tramite Analisi Cinematica Lineare e/o Analisi Cinematica Non Lineare:

Cinematismo n° 1: Ribaltamento Singola Parete con coinvolgimento una delle pareti ortogonali a quota zero



Quota di attivazione del cinematismo:	0,00 [m]
Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\psi_{(z)}$:	0,000 [-]
Momento Ribaltante M_{rib} :	12900,380 [kN*m]
Momento Stabilizzante M_{st} :	902,240 [kN*m]
Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 :	0,070 [-]
accelerazione spettrale di attivazione del cinematismo a_0^* :	0,056 [g]
Massa partecipante al cinematismo M^* :	273,387 [kN/g]
Frazione di massa partecipante della struttura e^* :	0,930 [-]

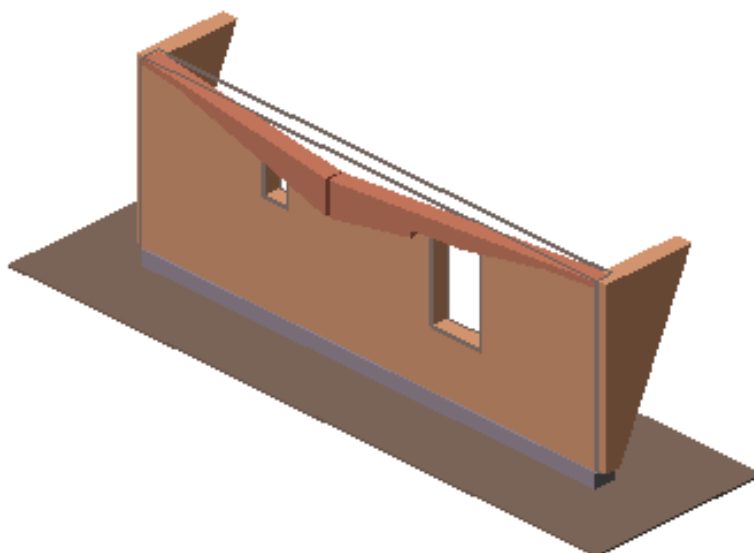
Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLD $a_{g,SLD}$:	0,073 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLD $(a_{g,SLD} S)/q_{SLD}$:	0,109 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLD:	1,964 [-]
Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLD:	NON VERIFICATO

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLV $a_{g,SLV}$:	0,161 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLV $(a_{g,SLV} S)/q_{SLV}$:	0,117 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLV:	2,102 [-]
Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLV:	NON VERIFICATO

Cinematismo n° 2: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata



Quota di attivazione del cinematismo: 0,00 [m]
 Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\psi_{(z)}$: 0,800 [-]
 Momento Ribaltante M_{rib} : 2191,416 [kN*m]
 Momento Stabilizzante M_{st} : 352,366 [kN*m]
 Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 : 0,161 [-]
 accelerazione spettrale di attivazione del cinematismo a_0^* : 0,121 [g]
 Massa partecipante al cinematismo M^* : 31,453 [kN/g]
 Frazione di massa partecipante della struttura e^* : 0,987 [-]

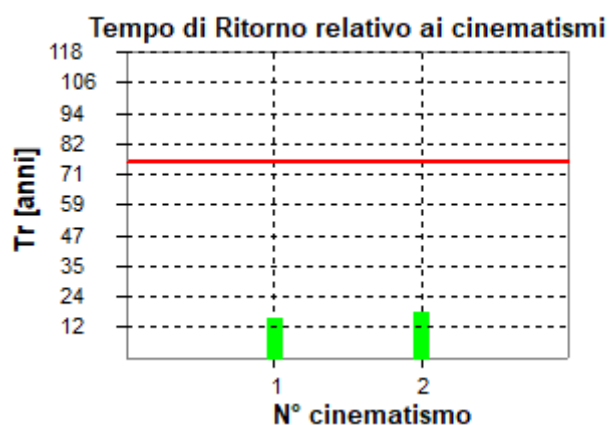
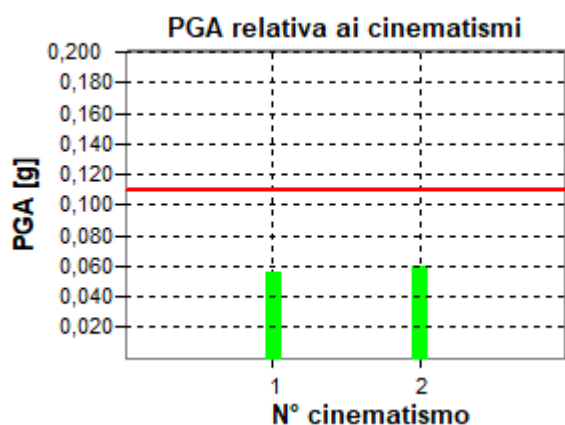
Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLD $a_{g,SLD}$: 0,073 [g]
 Accelerazione di riferimento al suolo allo SLD $(a_{g,SLD} S)/q_{SLD}$: 0,109 [g]
 Fattore di verifica a quota zero allo SLD: 0,906 [-]
 Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLD: VERIFICATO

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLV $a_{g,SLV}$: 0,161 [g]
 Accelerazione di riferimento al suolo allo SLV $(a_{g,SLV} S)/q_{SLV}$: 0,117 [g]
 Fattore di verifica a quota zero allo SLV: 0,970 [-]
 Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLV: VERIFICATO

Confronto PGA in sito e PGA meccanismi di collasso locali

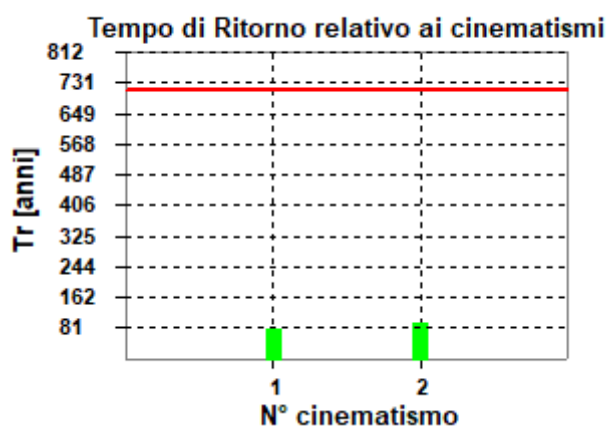
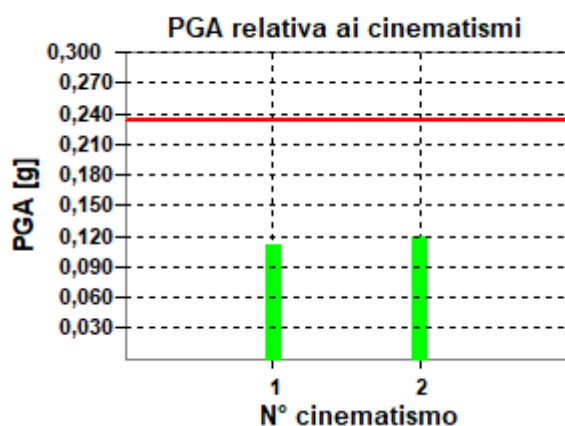


Cinematismo n° 1: Ribaltamento Singola Parete con coinvolgimento una delle pareti ortogonali a quota zero

Accelerazione del suolo PGA_D allo SLD:	0,1094 [g]
Tempo di Ritorno TR_D allo SLD:	75 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLD:	0,0569 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLD:	15 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$:	0,5199 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_s = TR_{C,Lin}/TR_D$:	0,2052 [-]

Cinematismo n° 2: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata

Accelerazione del suolo PGA_D allo SLD:	0,1094 [g]
Tempo di Ritorno TR_D allo SLD:	75 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLD:	0,0602 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLD:	18 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$:	0,5501 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_s = TR_{C,Lin}/TR_D$:	0,2340 [-]



Cinematismo n° 1: Ribaltamento Singola Parete con coinvolgimento una delle pareti ortogonali a quota zero

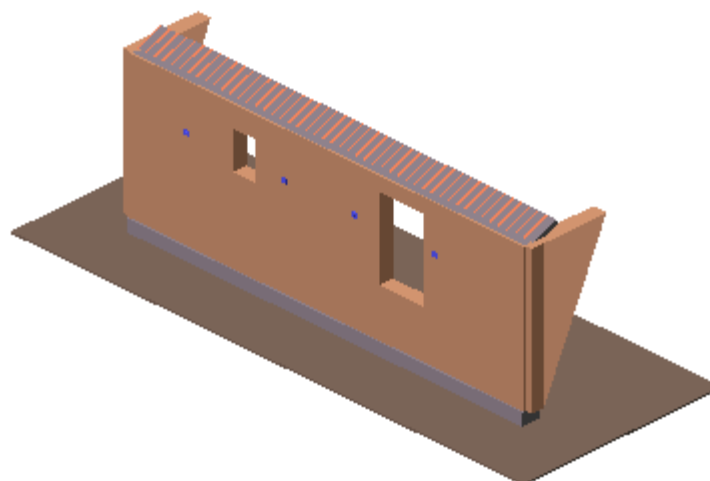
Accelerazione del suolo PGA_D allo SLV:	0,2340 [g]
Tempo di Ritorno TR_D allo SLV:	712 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLV:	0,1124 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLV:	81 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$:	0,4801 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_s = TR_{C,Lin}/TR_D$:	0,1137 [-]

Cinematismo n° 2: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata

Accelerazione del suolo PGA_D allo SLV:	0,2340 [g]
Tempo di Ritorno TR_D allo SLV:	712 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLV:	0,1193 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLV:	95 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$:	0,5095 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_s = TR_{C,Lin}/TR_D$:	0,1335 [-]

7.2. Parete laterale – Post Operam

Geometria delle pareti:



Altezza della parete n° 1:	8,00 [m]
Larghezza della parete n° 1:	23,60 [m]
Spessore della parete n° 1:	0,80 [m]
Rientro della parete n° 1:	0,00 [m]
Peso della parete n° 1:	2231,94 [kN]

Caratteristiche delle Aperture:

Apertura n° 1: finestra apertura singola

Altezza dell'apertura:	2,10 [m]
Base dell'apertura:	1,30 [m]
Altezza inferiore dell'apertura:	4,70 [m]
Posizione dell'apertura:	6,30 [m]

Apertura n° 2: porta ingresso

Altezza dell'apertura:	4,50 [m]
Base dell'apertura:	2,60 [m]
Altezza inferiore dell'apertura:	2,70 [m]
Posizione dell'apertura:	15,00 [m]

Caratteristiche dei tiranti:

Tirante n° 1: Tirante24

Tipologia del Tirante:	Nuovo da Verificare
Sforzo di Pretensione del Tirante:	5,00 [kN]
Diametro del cavo del Tirante ϕ :	24,00 [mm]
Lunghezza del cavo del Tirante:	480,00 [m]
Modulo Elastico di Young del Tirante:	2,10E+08 [kN/mq]
Tensione di Calcolo del Tirante f_{yd} :	2,40E+05 [kN/mq]
Deformazione ultima del Tirante:	2,50E-02 [-]
Spessore del Capochiave:	20,00 [mm]
Base del Capochiave:	300,00 [mm]
Spessore della nervatura:	10,00 [mm]
Altezza della nervatura:	50,00 [mm]
Posizione Verticale del Tirante:	5,50 [m]
Posizione Orizzontale del Tirante:	3,50 [m]

Tirante n° 2: Tirante24

Tipologia del Tirante:	Nuovo da Verificare
Sforzo di Pretensione del Tirante:	5,00 [kN]
Diametro del cavo del Tirante ϕ :	24,00 [mm]
Lunghezza del cavo del Tirante:	480,00 [m]
Modulo Elastico di Young del Tirante:	2,10E+08 [kN/mq]
Tensione di Calcolo del Tirante f_{yd} :	2,40E+05 [kN/mq]
Deformazione ultima del Tirante:	2,50E-02 [-]
Spessore del Capochiave:	20,00 [mm]
Base del Capochiave:	300,00 [mm]
Spessore della nervatura:	10,00 [mm]

Altezza della nervatura:	50,00 [mm]
Posizione Verticale del Tirante:	5,50 [m]
Posizione Orizzontale del Tirante:	9,30 [m]

Tirante n° 3: Tirante24

Tipologia del Tirante:	Nuovo da Verificare
Sforzo di Pretensione del Tirante:	5,00 [kN]
Diametro del cavo del Tirante ϕ :	24,00 [mm]
Lunghezza del cavo del Tirante:	480,00 [m]
Modulo Elastico di Young del Tirante:	2,10E+08 [kN/mq]
Tensione di Calcolo del Tirante f_{yd} :	2,40E+05 [kN/mq]
Deformazione ultima del Tirante:	2,50E-02 [-]
Spessore del Capochiave:	20,00 [mm]
Base del Capochiave:	300,00 [mm]
Spessore della nervatura:	10,00 [mm]
Altezza della nervatura:	50,00 [mm]
Posizione Verticale del Tirante:	5,50 [m]
Posizione Orizzontale del Tirante:	13,50 [m]

Tirante n° 4: Tirante24

Tipologia del Tirante:	Nuovo da Verificare
Sforzo di Pretensione del Tirante:	5,00 [kN]
Diametro del cavo del Tirante ϕ :	24,00 [mm]
Lunghezza del cavo del Tirante:	480,00 [m]
Modulo Elastico di Young del Tirante:	2,10E+08 [kN/mq]
Tensione di Calcolo del Tirante f_{yd} :	2,40E+05 [kN/mq]
Deformazione ultima del Tirante:	2,50E-02 [-]
Spessore del Capochiave:	20,00 [mm]
Base del Capochiave:	300,00 [mm]
Spessore della nervatura:	10,00 [mm]
Altezza della nervatura:	50,00 [mm]
Posizione Verticale del Tirante:	5,50 [m]
Posizione Orizzontale del Tirante:	18,30 [m]

Caratteristiche parete di ammorsamento:

Posizione orizzontale della parete di Ammorsamento:	0,00 [m]
Larghezza Inferiore della parete di Ammorsamento:	0,00 [m]
Larghezza Superiore della parete di Ammorsamento:	3,73 [m]
Inclinazione della parete di Ammorsamento:	25,00 [°]
Spessore della parete di Ammorsamento:	0,80 [m]

Caratteristiche parete di ammorsamento:

Posizione orizzontale della parete di Ammorsamento:	23,60 [m]
Larghezza Inferiore della parete di Ammorsamento:	0,00 [m]
Larghezza Superiore della parete di Ammorsamento:	3,73 [m]
Inclinazione della parete di Ammorsamento:	25,00 [°]
Spessore della parete di Ammorsamento:	0,80 [m]

Descrizione Tipologia di Solaio:

Copertura volta

G_{1k} carico permanente strutturale del solaio:	1,00 [kN/mq]
G_{2k} carico permanente non strutturale del solaio:	1,00 [kN/mq]
ϕ_2 coefficiente carico variabile del solaio:	0,00 [-]
Q_k carico variabile del solaio:	0,50 [kN/mq]
is: semi-lunghezza del solaio:	1,60 [m]
es: eccentricità delle reazioni di appoggio del solaio:	0,05 [m]
p_{vd} carico di calcolo verticale del solaio della parete:	2,00 [kN/mq]
p_{hd} carico di calcolo orizzontale del solaio della parete:	2,00 [kN/mq]

Proprietà meccaniche e di resistenza della parete

Tipologia muraria: Muratura a conci di pietra tenera (tufo calcarenite ecc.)

Modulo Elastico minimo:	1,20E+06 [kN/mq]
Modulo Elastico massimo:	1,62E+06 [kN/mq]
Resistenza minima a compressione:	2,00E+03 [kN/mq]
Resistenza massima a compressione:	3,20E+03 [kN/mq]
Resistenza minima a taglio:	4,00E+01 [kN/mq]
Resistenza minima a taglio:	8,00E+01 [kN/mq]
Resistenza media a compressione:	2,60E+03 [kN/mq]
Resistenza media a taglio:	6,00E+01 [kN/mq]
Peso specifico γ :	1,60E+01 [kN/mc]
Livello di Conoscenza LC1 con un fattore di sicurezza pari a:	1,35 [-]
Coefficiente di sicurezza sulle proprietà meccaniche γ_{m2} :	2,00 [-]
Resistenza di calcolo a compressione:	740,7407 [kN/mq]
Resistenza di calcolo a taglio:	14,8148 [kN/mq]

Geometria della Copertura:

Descrizione Tipologia di Solaio:

Copertura Praticabile

G_{1k} carico permanente strutturale del solaio:	4,08 [kN/mq]
G_{2k} carico permanente non strutturale del solaio:	1,00 [kN/mq]
ϕ_2 coefficiente carico variabile del solaio:	0,00 [-]
Q_k carico variabile del solaio:	0,50 [kN/mq]
is: semi-lunghezza del solaio:	1,60 [m]
es: eccentricità delle reazioni di appoggio del solaio:	0,05 [m]
p_{vd} carico di calcolo verticale del solaio della parete:	5,08 [kN/mq]
p_{hd} carico di calcolo orizzontale del solaio della parete:	5,08 [kN/mq]

Verifiche sui tiranti

Tirante Par.1 Tir.1: Tirante24

Sforzo normale di progetto N_{Ed} :	50,18 [kN]
Sforzo normale resistente a snervamento del cavo $N_{r,snerv}$:	108,57 [kN]
Sforzo normale resistente a punzonamento $N_{r,punz}$:	52,15 [kN]
Sforzo normale resistente a schiacciamento $N_{r,sch}$:	66,67 [kN]
Verifica Tirante a snervamento del cavo $N_{Ed}/N_{r,snerv}$:	0,46 [-]
Verifica Tirante a punzonamento $N_{Ed}/N_{r,punz}$:	0,96 [-]
Verifica Tirante a schiacciamento $N_{Ed}/N_{r,sch}$:	0,75 [-]

Tirante Par.1 Tir.2: Tirante24

Sforzo normale di progetto N_{Ed} :	50,18 [kN]
Sforzo normale resistente a snervamento del cavo $N_{r,snerv}$:	108,57 [kN]
Sforzo normale resistente a punzonamento $N_{r,punz}$:	52,15 [kN]
Sforzo normale resistente a schiacciamento $N_{r,sch}$:	66,67 [kN]
Verifica Tirante a snervamento del cavo $N_{Ed}/N_{r,snerv}$:	0,46 [-]
Verifica Tirante a punzonamento $N_{Ed}/N_{r,punz}$:	0,96 [-]
Verifica Tirante a schiacciamento $N_{Ed}/N_{r,sch}$:	0,75 [-]

Tirante Par.1 Tir.3: Tirante24

Sforzo normale di progetto N_{Ed} :	50,18 [kN]
Sforzo normale resistente a snervamento del cavo $N_{r,snerv}$:	108,57 [kN]
Sforzo normale resistente a punzonamento $N_{r,punz}$:	52,15 [kN]
Sforzo normale resistente a schiacciamento $N_{r,sch}$:	66,67 [kN]
Verifica Tirante a snervamento del cavo $N_{Ed}/N_{r,snerv}$:	0,46 [-]
Verifica Tirante a punzonamento $N_{Ed}/N_{r,punz}$:	0,96 [-]
Verifica Tirante a schiacciamento $N_{Ed}/N_{r,sch}$:	0,75 [-]

Tirante Par.1 Tir.4: Tirante24

Sforzo normale di progetto N_{Ed} :	50,18 [kN]
Sforzo normale resistente a snervamento del cavo $N_{r,snerv}$:	108,57 [kN]
Sforzo normale resistente a punzonamento $N_{r,punz}$:	52,15 [kN]
Sforzo normale resistente a schiacciamento $N_{r,sch}$:	66,67 [kN]
Verifica Tirante a snervamento del cavo $N_{Ed}/N_{r,snerv}$:	0,46 [-]

Verifica Tirante a punzonamento $N_{Ed}/N_{r,punz}$:	0,96 [-]
Verifica Tirante a schiacciamento $N_{Ed}/N_{r,sch}$:	0,75 [-]

Verifiche sui Capochiave

Tirante Par.1 Tir.1: Tirante24	
Momento flettente di calcolo M_{Ed} :	1774,08 [kN mm]
Sforzo Tagliante di calcolo M_{Ed} :	25,09 [kN]
Verifica di Von Mises (M) S_{id}/f_{yd} :	0,4445 [-]
Verifica di Von Mises (V) S_{id}/f_{yd} :	0,0134 [-]

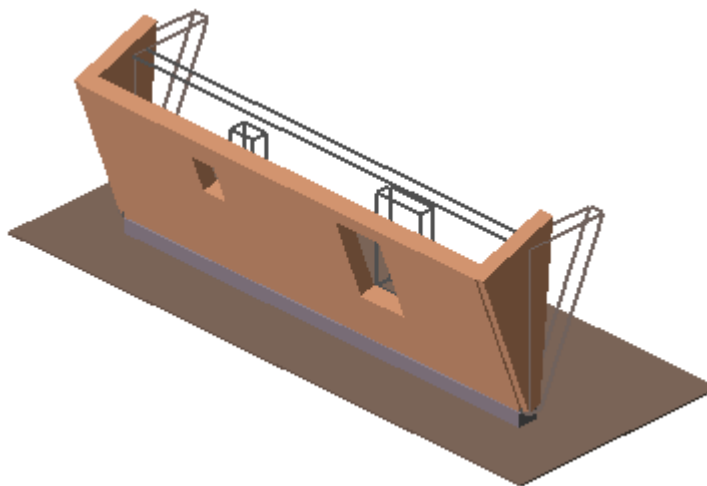
Tirante Par.1 Tir.2: Tirante24	
Momento flettente di calcolo M_{Ed} :	1774,08 [kN mm]
Sforzo Tagliante di calcolo M_{Ed} :	25,09 [kN]
Verifica di Von Mises (M) S_{id}/f_{yd} :	0,4445 [-]
Verifica di Von Mises (V) S_{id}/f_{yd} :	0,0134 [-]

Tirante Par.1 Tir.3: Tirante24	
Momento flettente di calcolo M_{Ed} :	1774,08 [kN mm]
Sforzo Tagliante di calcolo M_{Ed} :	25,09 [kN]
Verifica di Von Mises (M) S_{id}/f_{yd} :	0,4445 [-]
Verifica di Von Mises (V) S_{id}/f_{yd} :	0,0134 [-]

Tirante Par.1 Tir.4: Tirante24	
Momento flettente di calcolo M_{Ed} :	1774,08 [kN mm]
Sforzo Tagliante di calcolo M_{Ed} :	25,09 [kN]
Verifica di Von Mises (M) S_{id}/f_{yd} :	0,4445 [-]
Verifica di Von Mises (V) S_{id}/f_{yd} :	0,0134 [-]

Risultati Meccanismi Locali tramite Analisi Cinematica Lineare e/o Analisi Cinematica Non Lineare:

Cinematismo n° 1: Ribaltamento Singola Parete con coinvolgimento una delle pareti ortogonali a quota zero



Quota di attivazione del cinematismo:	0,00 [m]
Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\Psi_{(z)}$:	0,000 [-]
Momento Ribaltante M_{rib} :	12900,380 [kN*m]
Momento Stabilizzante M_{st} :	2049,499 [kN*m]
Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 :	0,159 [-]
accelerazione spettrale di attivazione del cinematismo a_0^* :	0,126 [g]
Massa partecipante al cinematismo M^* :	273,387 [kN/g]
Frazione di massa partecipante della struttura e^* :	0,930 [-]

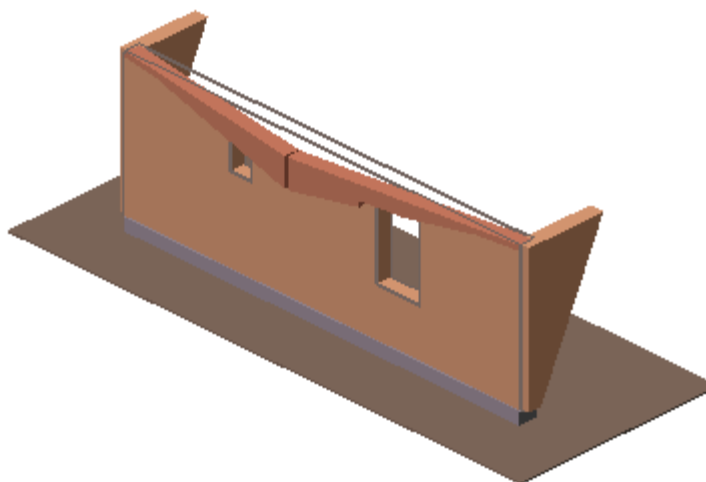
Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLD $a_{g,SLD}$:	0,073 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLD $(a_{g,SLD} S)/q_{SLD}$:	0,109 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLD:	0,865 [-]
Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLD:	VERIFICATO

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLV $a_{g,SLV}$:	0,161 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLV $(a_{g,SLV} S)/q_{SLV}$:	0,117 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLV:	0,925 [-]
Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLV:	VERIFICATO

Cinematismo n° 2: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata



Quota di attivazione del cinematismo:	0,00 [m]
Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\Psi(z)$:	0,800 [-]
Momento Ribaltante M_{rib} :	2191,416 [kN*m]
Momento Stabilizzante M_{st} :	352,366 [kN*m]
Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 :	0,161 [-]
accelerazione spettrale di attivazione del cinematismo a_0^* :	0,121 [g]
Massa partecipante al cinematismo M^* :	31,453 [kN/g]
Frazione di massa partecipante della struttura e^* :	0,987 [-]

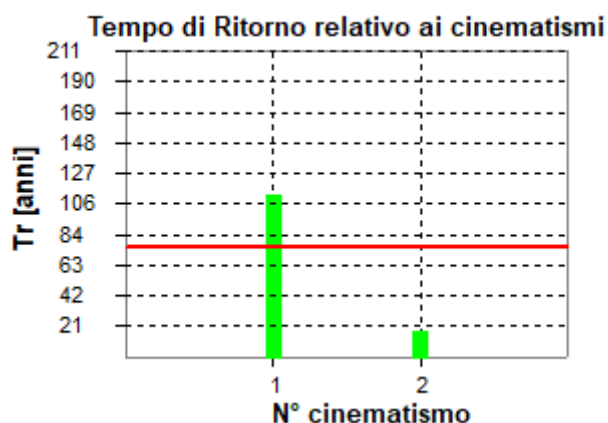
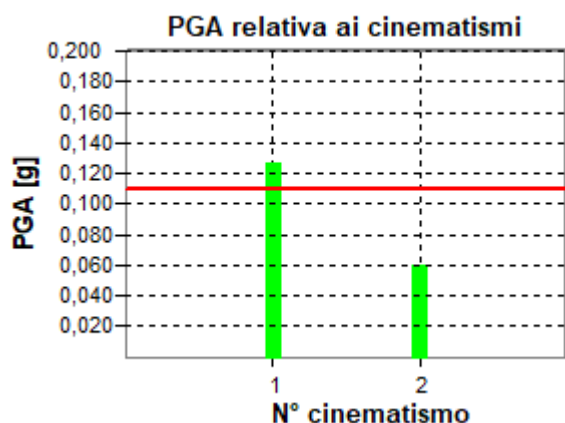
Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLD $a_{g,SLD}$:	0,073 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLD $(a_{g,SLD} S)/q_{SLD}$:	0,109 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLD:	0,906 [-]
Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLD:	VERIFICATO

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLV $a_{g,SLV}$:	0,161 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLV $(a_{g,SLV} S)/q_{SLV}$:	0,117 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLV:	0,970 [-]
Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLV:	VERIFICATO

Confronto PGA in sito e PGA meccanismi di collasso locali

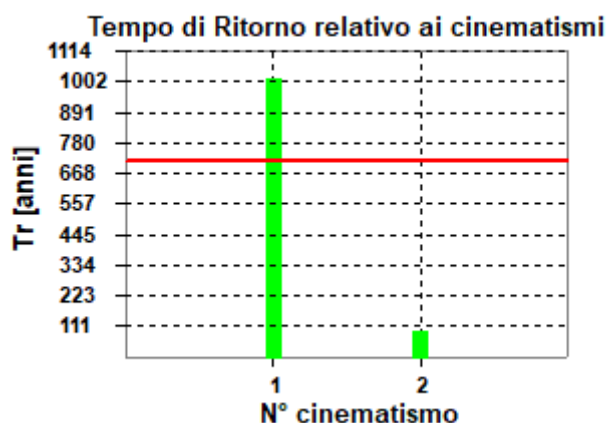
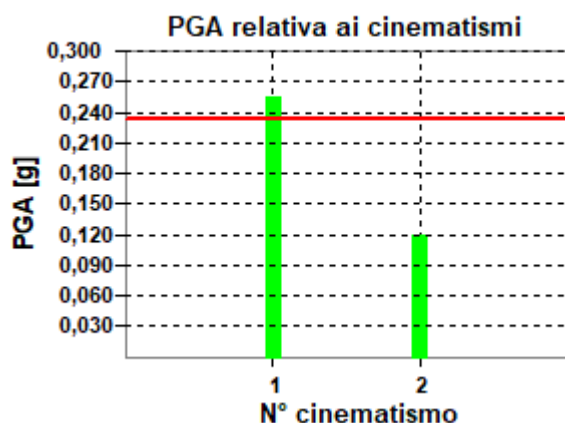


Cinematismo n° 1: Ribaltamento Singola Parete con coinvolgimento una delle pareti ortogonali a quota zero

Accelerazione del suolo PGA_D allo SLD:	0,1094 [g]
Tempo di Ritorno TR_D allo SLD:	75 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLD:	0,1269 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLD:	111 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$:	1,1605 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_S = TR_{C,Lin}/TR_D$:	1,4730 [-]

Cinematismo n° 2: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata

Accelerazione del suolo PGA_D allo SLD:	0,1094 [g]
Tempo di Ritorno TR_D allo SLD:	75 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLD:	0,0602 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLD:	18 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$:	0,5501 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_S = TR_{C,Lin}/TR_D$:	0,2340 [-]



Cinematismo n° 1: Ribaltamento Singola Parete con coinvolgimento una delle pareti ortogonali a quota zero

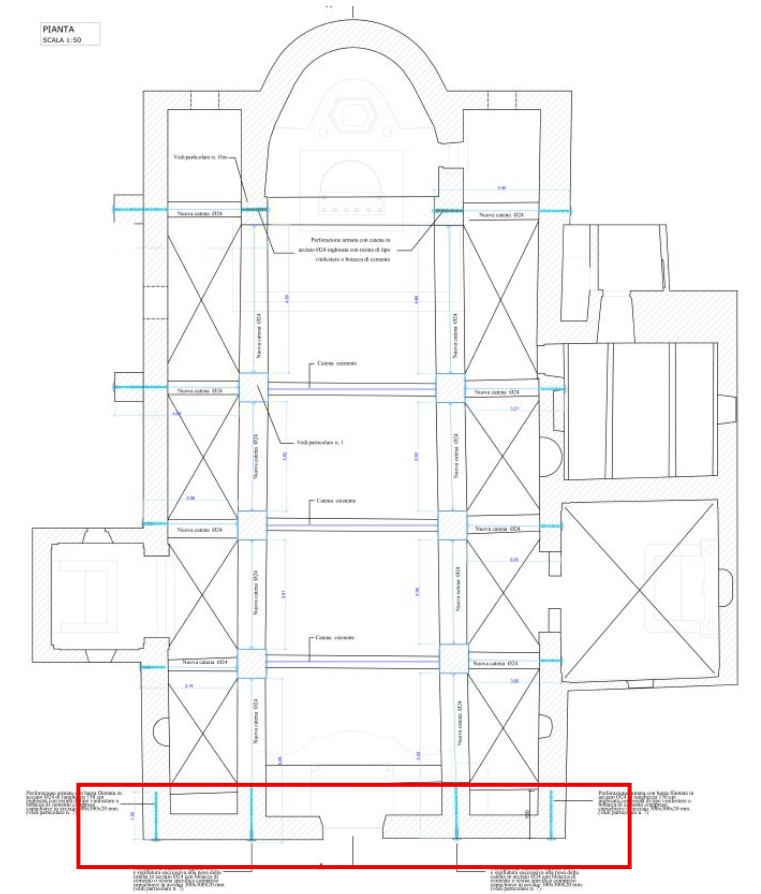
Accelerazione del suolo PGA_D allo SLV:	0,2340 [g]
Tempo di Ritorno TR_D allo SLV:	712 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLV:	0,2550 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLV:	1014 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$:	1,0898 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_S = TR_{C,Lin}/TR_D$:	1,4240 [-]

Cinematismo n° 2: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata

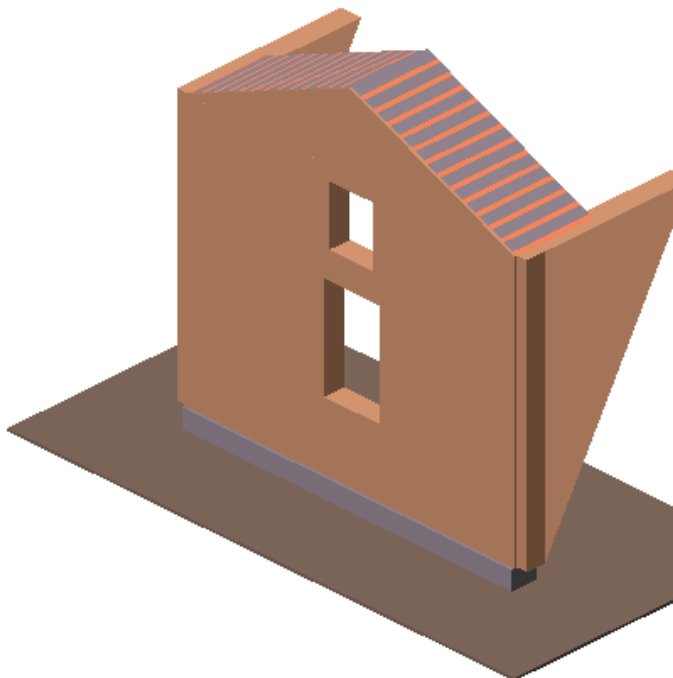
Accelerazione del suolo PGA_D allo SLV:	0,2340 [g]
Tempo di Ritorno TR_D allo SLV:	712 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLV:	0,1193 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLV:	95 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$:	0,5095 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_s = TR_{C,Lin}/TR_D$:	0,1335 [-]

7.3. Facciata – Ante Operam

La parete considerata nel calcolo è quella di seguito evidenziata nell'immagine. A favore di sicurezza non è stata considerata la presenza delle pareti di ammassamento di divisione delle navate.



Geometria delle pareti:



Altezza della parete n° 1:	10,00 [m]
Larghezza della parete n° 1:	13,00 [m]
Spessore della parete n° 1:	0,80 [m]
Rientro della parete n° 1:	0,00 [m]
Peso della parete n° 1:	1509,12 [kN]
Caratteristiche delle Aperture:	
Apertura n° 1: porta ingresso	
Altezza dell'apertura:	3,80 [m]
Base dell'apertura:	2,20 [m]
Altezza inferiore dell'apertura:	2,50 [m]
Posizione dell'apertura:	5,50 [m]
Apertura n° 2: finestra apertura singola	
Altezza dell'apertura:	2,20 [m]
Base dell'apertura:	1,70 [m]
Altezza inferiore dell'apertura:	7,30 [m]
Posizione dell'apertura:	5,70 [m]
Caratteristiche parete di ammassamento:	
Posizione orizzontale della parete di Ammassamento:	0,00 [m]
Larghezza Inferiore della parete di Ammassamento:	0,00 [m]
Larghezza Superiore della parete di Ammassamento:	5,77 [m]
Inclinazione della parete di Ammassamento:	30,00 [°]
Spessore della parete di Ammassamento:	0,80 [m]
Caratteristiche parete di ammassamento:	
Posizione orizzontale della parete di Ammassamento:	13,00 [m]
Larghezza Inferiore della parete di Ammassamento:	0,00 [m]
Larghezza Superiore della parete di Ammassamento:	5,77 [m]
Inclinazione della parete di Ammassamento:	30,00 [°]
Spessore della parete di Ammassamento:	0,80 [m]
Descrizione Tipologia di Solaio:	
Copertura volta	
G _{1k} carico permanente strutturale del solaio:	1,00 [kN/mq]
G _{2k} carico permanente non strutturale del solaio:	1,00 [kN/mq]
q ₂ coefficiente carico variabile del solaio:	0,00 [-]
Q _k carico variabile del solaio:	0,50 [kN/mq]
is: semi-lunghezza del solaio:	3,00 [m]
es: eccentricità delle reazioni di appoggio del solaio:	0,05 [m]
p _{vd} carico di calcolo verticale del solaio della parete:	0,00 [kN/mq]
p _{hd} carico di calcolo orizzontale del solaio della parete:	2,00 [kN/mq]

Proprietà meccaniche e di resistenza della parete

Tipologia muraria: Muratura a conci di pietra tenera (tufo calcarenite ecc.)	
Modulo Elastico minimo:	1,20E+06 [kN/mq]
Modulo Elastico massimo:	1,62E+06 [kN/mq]
Resistenza minima a compressione:	2,00E+03 [kN/mq]
Resistenza massima a compressione:	3,20E+03 [kN/mq]
Resistenza minima a taglio:	4,00E+01 [kN/mq]
Resistenza minima a taglio:	8,00E+01 [kN/mq]
Resistenza media a compressione:	2,60E+03 [kN/mq]
Resistenza media a taglio:	6,00E+01 [kN/mq]
Peso specifico γ :	1,60E+01 [kN/mc]
Livello di Conoscenza LC1 con un fattore di sicurezza pari a:	1,35 [-]
Coefficiente di sicurezza sulle proprietà meccaniche γ_{m2} :	2,00 [-]
Resistenza di calcolo a compressione:	740,7407 [kN/mq]
Resistenza di calcolo a taglio:	14,8148 [kN/mq]

Geometria della Copertura:

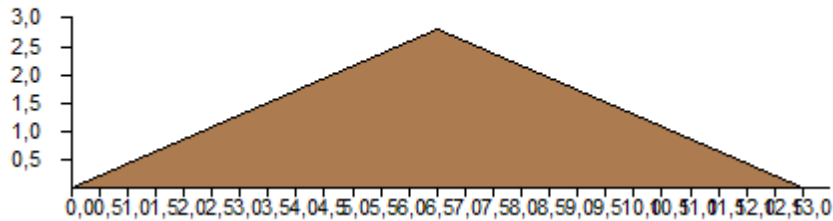


Figura: 6 - Prospetto della copertura

Altezza della Copertura :	2,80 [m]
Larghezza della Copertura :	13,00 [m]
Spessore della Copertura :	0,80 [m]
Rientro della Copertura :	0,00 [m]

Descrizione Tipologia di Solaio:

Copertura Praticabile

G_{1k} carico permanente strutturale del solaio:	4,08 [kN/mq]
G_{2k} carico permanente non strutturale del solaio:	1,00 [kN/mq]
ϕ_2 coefficiente carico variabile del solaio:	0,00 [-]
Q_k carico variabile del solaio:	0,50 [kN/mq]
is: semi-lunghezza del solaio:	3,00 [m]
es: eccentricità delle reazioni di appoggio del solaio:	0,05 [m]
p_{vd} carico di calcolo verticale del solaio della parete:	5,08 [kN/mq]
p_{hd} carico di calcolo orizzontale del solaio della parete:	5,08 [kN/mq]

Proprietà meccaniche e di resistenza della parete

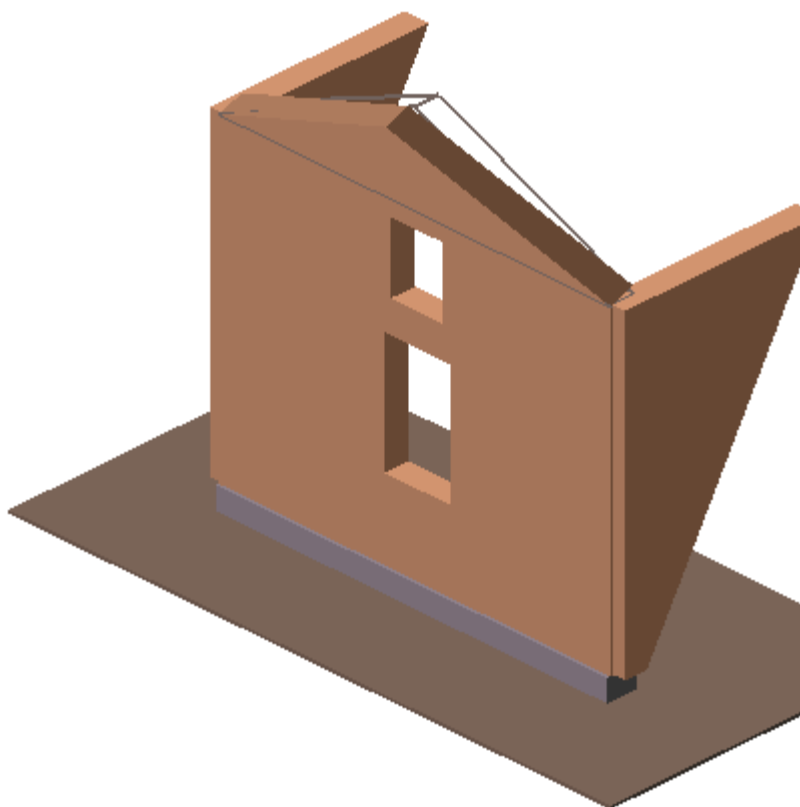
Tipologia muraria: Muratura a conci di pietra tenera (tufo calcarenite ecc.)

Modulo Elastico minimo:	1,20E+06 [kN/mq]
Modulo Elastico massimo:	1,62E+06 [kN/mq]
Resistenza minima a compressione:	2,00E+03 [kN/mq]
Resistenza massima a compressione:	3,20E+03 [kN/mq]
Resistenza minima a taglio:	4,00E+01 [kN/mq]
Resistenza minima a taglio:	8,00E+01 [kN/mq]
Resistenza media a compressione:	2,60E+03 [kN/mq]
Resistenza media a taglio:	6,00E+01 [kN/mq]
Peso specifico γ	1,60E+01 [kN/mc]
Livello di Conoscenza LC1 con un fattore di sicurezza pari a:	1,35 [-]
Coefficiente di sicurezza sulle proprietà meccaniche γ_{m2} :	2,00 [-]

Resistenza di calcolo a compressione:	740,7407 [kN/mq]
Resistenza di calcolo a taglio:	14,8148 [kN/mq]

Risultati Meccanismi Locali tramite Analisi Cinematica Lineare e/o Analisi Cinematica Non Lineare:

Cinematismo n° 1: Ribaltamento Timpano



Quota di attivazione del cinematismo:	10,00 [m]
Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\Psi_{(z)}$:	1,250 [-]
Momento Ribaltante M_{rib} :	519,437 [kN*m]
Momento Stabilizzante M_{st} :	176,321 [kN*m]
Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 :	0,339 [-]
accelerazione spettrale di attivazione del cinematismo a_0^* :	0,262 [g]
Massa partecipante al cinematismo M^* :	43,972 [kN/g]
Frazione di massa partecipante della struttura e^* :	0,961 [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLD $a_{g,SLD}$:	0,073 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLD $(a_{g,SLD} S)/q_{SLD}$:	0,109 [g]
Accelerazione di riferimento in elevazione allo SLD: $a_z(z)_{SLD}$:	0,345 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLD:	0,418 [-]
Fattore di verifica in elevazione allo SLD:	1,318 [-]

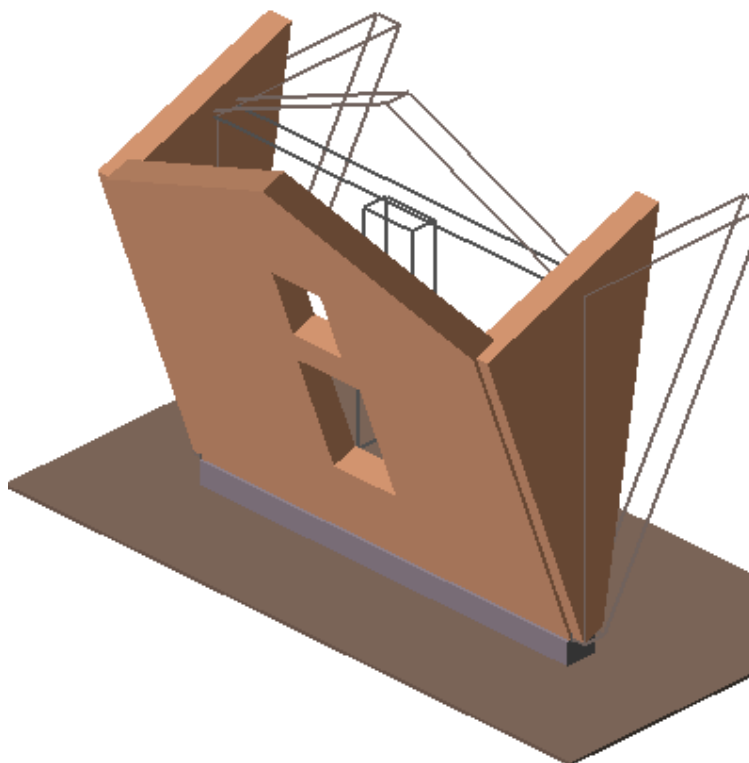
Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLD:	VERIFICATO
Esito verifica meccanismo in elevazione allo SLD:	NON VERIFICATO

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLV $a_{g,SLV}$:	0,161 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLV $(a_{g,SLV} S)/q_{SLV}$:	0,117 [g]
Accelerazione di riferimento in elevazione allo SLV: $a_z(z)_{SLV}$:	0,370 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLV:	0,447 [-]
Fattore di verifica in elevazione allo SLV:	1,415 [-]

Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLV:	VERIFICATO
Esito verifica meccanismo in elevazione allo SLV:	NON VERIFICATO

Cinematismo n° 2: Ribaltamento Singola Parete con coinvolgimento una delle pareti ortogonali a quota zero



Quota di attivazione del cinematismo:	0,00 [m]
Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\psi_{(z)}$:	0,000 [-]
Momento Ribaltante M_{rib} :	18160,000 [kN*m]
Momento Stabilizzante M_{st} :	2468,672 [kN*m]
Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 :	0,136 [-]
accelerazione spettrale di attivazione del cinematismo a_0^* :	0,110 [g]
Massa partecipante al cinematismo M^* :	259,307 [kN/g]
Frazione di massa partecipante della struttura e^* :	0,916 [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLD $a_{g,SLD}$:	0,073 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLD $(a_{g,SLD} S)/q_{SLD}$:	0,109 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLD:	0,995 [-]

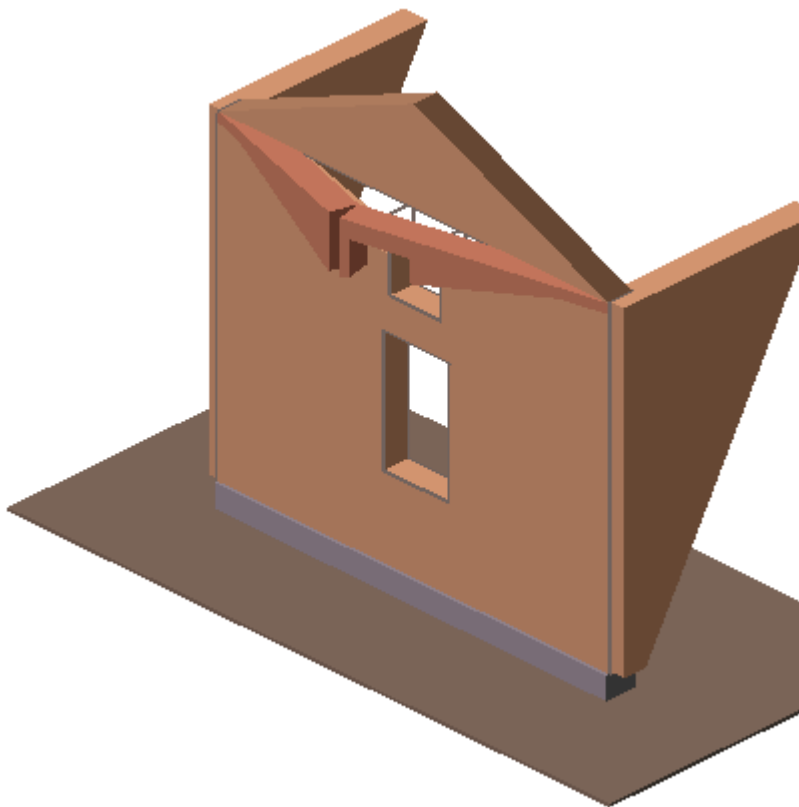
Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLD: VERIFICATO

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLV $a_{g,SLV}$:	0,161 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLV $(a_{g,SLV} S)/q_{SLV}$:	0,117 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLV:	1,065 [-]

Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLV: NON VERIFICATO

Cinematismo n° 3: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata



Quota di attivazione del cinematismo:	0,00 [m]
Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\Psi_{(z)}$:	1,050 [-]
Momento Ribaltante M_{rib} :	608,402 [kN*m]
Momento Stabilizzante M_{st} :	199,103 [kN*m]
Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_o :	0,327 [-]
accelerazione spettrale di attivazione del cinematismo a_0^* :	0,246 [g]
Massa partecipante al cinematismo M^* :	19,318 [kN/g]
Frazione di massa partecipante della struttura e^* :	0,986 [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLD $a_{g,SLD}$:	0,073 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLD $(a_{g,SLD} S)/q_{SLD}$:	0,109 [g]
Accelerazione di riferimento in elevazione allo SLD: $a_z(z)_{SLD}$:	0,290 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLD:	0,445 [-]
Fattore di verifica in elevazione allo SLD:	1,177 [-]

Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLD:	VERIFICATO
Esito verifica meccanismo in elevazione allo SLD:	NON VERIFICATO

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLV $a_{g,SLV}$:	0,161 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLV $(a_{g,SLV} S)/q_{SLV}$:	0,117 [g]
Accelerazione di riferimento in elevazione allo SLV: $a_z(z)_{SLV}$:	0,311 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLV:	0,476 [-]
Fattore di verifica in elevazione allo SLV:	1,265 [-]

Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLV:	VERIFICATO
Esito verifica meccanismo in elevazione allo SLV:	NON VERIFICATO

Confronto PGA in sito e PGA meccanismi di collasso locali

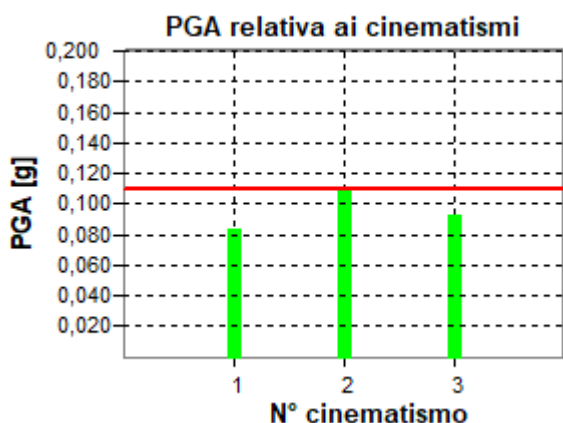


Figura: 7 - Confronto PGA SLD

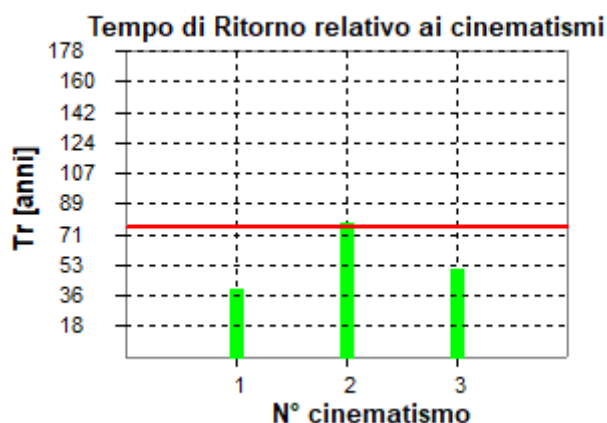


Figura: 8 - Confronto TR SLD

Cinematismo n° 1: Ribaltamento Timpano

Accelerazione del suolo PGA_D allo SLD:	0,1094 [g]
Tempo di Ritorno TR_D allo SLD:	75 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLD:	0,0833 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLD:	39 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$:	0,7613 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_s = TR_{C,Lin}/TR_D$:	0,5168 [-]

Cinematismo n° 2: Ribaltamento Singola Parete con coinvolgimento una delle pareti ortogonali a quota zero

Accelerazione del suolo PGA_D allo SLD:	0,1094 [g]
Tempo di Ritorno TR_D allo SLD:	75 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLD:	0,1106 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLD:	78 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$:	1,0110 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_s = TR_{C,Lin}/TR_D$:	1,0284 [-]

Cinematismo n° 3: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata

Accelerazione del suolo PGA_D allo SLD:	0,1094 [g]
Tempo di Ritorno TR_D allo SLD:	75 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLD:	0,0929 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLD:	51 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$:	0,8491 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_s = TR_{C,Lin}/TR_D$:	0,6794 [-]

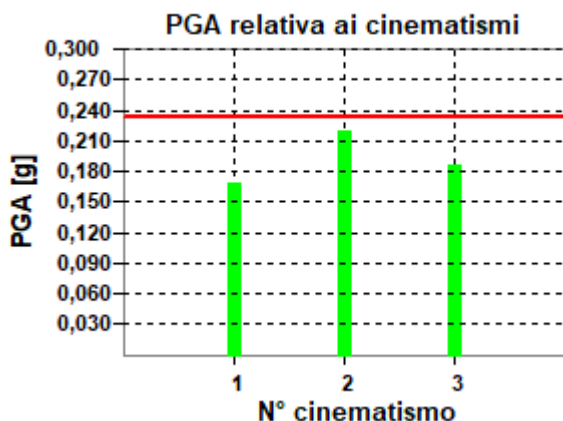


Figura: 9 - Confronto PGA SLV

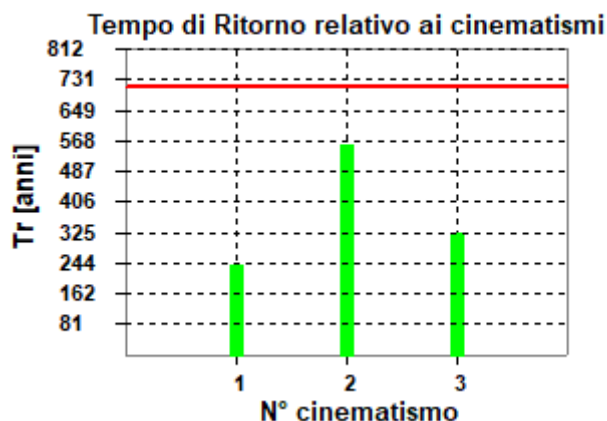


Figura: 10 - Confronto TR SLV

Cinematismo n° 1: Ribaltamento Timpano

Accelerazione del suolo PGA_D allo SLV:	0,2340 [g]
Tempo di Ritorno TR_D allo SLV:	712 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLV:	0,1685 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLV:	240 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$:	0,7198 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_S = TR_{C,Lin}/TR_D$:	0,3366 [-]

Cinematismo n° 2: Ribaltamento Singola Parete con coinvolgimento una delle pareti ortogonali a quota zero

Accelerazione del suolo PGA_D allo SLV:	0,2340 [g]
Tempo di Ritorno TR_D allo SLV:	712 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLV:	0,2201 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLV:	558 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$:	0,9405 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_S = TR_{C,Lin}/TR_D$:	0,7843 [-]

Cinematismo n° 3: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata

Accelerazione del suolo PGA_D allo SLV:	0,2340 [g]
Tempo di Ritorno TR_D allo SLV:	712 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLV:	0,1872 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLV:	326 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$:	0,7999 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_S = TR_{C,Lin}/TR_D$:	0,4581 [-]

7.4. Facciata – Post Operam

Geometria delle pareti:

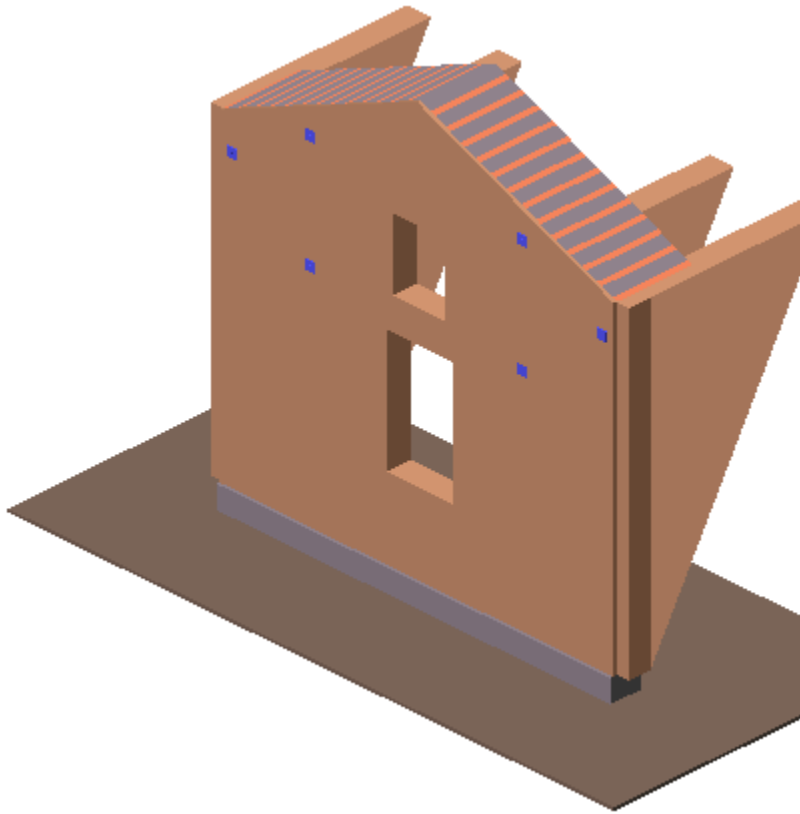


Figura: 3 - Prospetto della parete

Altezza della parete n° 1:	10,00 [m]
Larghezza della parete n° 1:	13,00 [m]
Spessore della parete n° 1:	0,80 [m]
Rientro della parete n° 1:	0,00 [m]
Peso della parete n° 1:	1509,12 [kN]

Caratteristiche delle Aperture:

Apertura n° 1: porta ingresso

Altezza dell'apertura:	3,80 [m]
Base dell'apertura:	2,20 [m]
Altezza inferiore dell'apertura:	2,50 [m]
Posizione dell'apertura:	5,50 [m]

Apertura n° 2: finestra apertura singola

Altezza dell'apertura:	2,20 [m]
Base dell'apertura:	1,70 [m]
Altezza inferiore dell'apertura:	7,30 [m]
Posizione dell'apertura:	5,70 [m]

Caratteristiche dei tiranti:

Tirante n° 1: Tirante24

Tipologia del Tirante:	Nuovo da Verificare
Sforzo di Pretensione del Tirante:	10,00 [kN]
Diametro del cavo del Tirante ϕ :	24,00 [mm]
Lunghezza del cavo del Tirante:	150,00 [m]
Modulo Elastico di Young del Tirante:	2,10E+08 [kN/mq]
Tensione di Calcolo del Tirante f_{yd} :	2,40E+05 [kN/mq]
Deformazione ultima del Tirante:	2,50E-02 [-]
Spessore del Capochiave:	20,00 [mm]
Base del Capochiave:	300,00 [mm]

Spessore della nervatura:	10,00 [mm]
Altezza della nervatura:	50,00 [mm]
Posizione Verticale del Tirante:	9,00 [m]
Posizione Orizzontale del Tirante:	0,40 [m]

Tirante n° 2: Tirante24

Tipologia del Tirante:	Nuovo da Verificare
Sforzo di Pretensione del Tirante:	10,00 [kN]
Diametro del cavo del Tirante ϕ :	24,00 [mm]
Lunghezza del cavo del Tirante:	150,00 [m]
Modulo Elastico di Young del Tirante:	2,10E+08 [kN/mq]
Tensione di Calcolo del Tirante f_{yd} :	2,40E+05 [kN/mq]
Deformazione ultima del Tirante:	2,50E-02 [-]
Spessore del Capochiave:	20,00 [mm]
Base del Capochiave:	300,00 [mm]
Spessore della nervatura:	10,00 [mm]
Altezza della nervatura:	50,00 [mm]
Posizione Verticale del Tirante:	9,00 [m]
Posizione Orizzontale del Tirante:	12,60 [m]

Tirante n° 3: Tirante24

Tipologia del Tirante:	Nuovo da Verificare
Sforzo di Pretensione del Tirante:	10,00 [kN]
Diametro del cavo del Tirante ϕ :	24,00 [mm]
Lunghezza del cavo del Tirante:	150,00 [m]
Modulo Elastico di Young del Tirante:	2,10E+08 [kN/mq]
Tensione di Calcolo del Tirante f_{yd} :	2,40E+05 [kN/mq]
Deformazione ultima del Tirante:	2,50E-02 [-]
Spessore del Capochiave:	20,00 [mm]
Base del Capochiave:	300,00 [mm]
Spessore della nervatura:	10,00 [mm]
Altezza della nervatura:	50,00 [mm]
Posizione Verticale del Tirante:	7,00 [m]
Posizione Orizzontale del Tirante:	3,00 [m]

Tirante n° 4: Tirante24

Tipologia del Tirante:	Nuovo da Verificare
Sforzo di Pretensione del Tirante:	10,00 [kN]
Diametro del cavo del Tirante ϕ :	24,00 [mm]
Lunghezza del cavo del Tirante:	150,00 [m]
Modulo Elastico di Young del Tirante:	2,10E+08 [kN/mq]
Tensione di Calcolo del Tirante f_{yd} :	2,40E+05 [kN/mq]
Deformazione ultima del Tirante:	2,50E-02 [-]
Spessore del Capochiave:	20,00 [mm]
Base del Capochiave:	300,00 [mm]
Spessore della nervatura:	10,00 [mm]
Altezza della nervatura:	50,00 [mm]
Posizione Verticale del Tirante:	7,00 [m]
Posizione Orizzontale del Tirante:	10,00 [m]

Caratteristiche parete di ammorsamento:

Posizione orizzontale della parete di Ammorsamento:	0,00 [m]
Larghezza Inferiore della parete di Ammorsamento:	0,00 [m]
Larghezza Superiore della parete di Ammorsamento:	5,77 [m]
Inclinazione della parete di Ammorsamento:	30,00 [°]
Spessore della parete di Ammorsamento:	0,80 [m]

Caratteristiche parete di ammorsamento:

Posizione orizzontale della parete di Ammorsamento:	3,00 [m]
Larghezza Inferiore della parete di Ammorsamento:	0,00 [m]
Larghezza Superiore della parete di Ammorsamento:	5,77 [m]
Inclinazione della parete di Ammorsamento:	30,00 [°]

Spessore della parete di Ammorsamento:	0,80 [m]
Caratteristiche parete di ammorsamento:	
Posizione orizzontale della parete di Ammorsamento:	10,00 [m]
Larghezza Inferiore della parete di Ammorsamento:	0,00 [m]
Larghezza Superiore della parete di Ammorsamento:	5,77 [m]
Inclinazione della parete di Ammorsamento:	30,00 [°]
Spessore della parete di Ammorsamento:	0,80 [m]
Caratteristiche parete di ammorsamento:	
Posizione orizzontale della parete di Ammorsamento:	13,00 [m]
Larghezza Inferiore della parete di Ammorsamento:	0,00 [m]
Larghezza Superiore della parete di Ammorsamento:	5,77 [m]
Inclinazione della parete di Ammorsamento:	30,00 [°]
Spessore della parete di Ammorsamento:	0,80 [m]
Descrizione Tipologia di Solaio:	
Copertura volta	
G _{1k} carico permanente strutturale del solaio:	1,00 [kN/mq]
G _{2k} carico permanente non strutturale del solaio:	1,00 [kN/mq]
q ₂ coefficiente carico variabile del solaio:	0,00 [-]
Q _k carico variabile del solaio:	0,50 [kN/mq]
is: semi-lunghezza del solaio:	2,50 [m]
es: eccentricità delle reazioni di appoggio del solaio:	0,05 [m]
p _{vd} carico di calcolo verticale del solaio della parete:	0,00 [kN/mq]
p _{hd} carico di calcolo orizzontale del solaio della parete:	2,00 [kN/mq]

Proprietà meccaniche e di resistenza della parete

Tipologia muraria: Muratura a conci di pietra tenera (tufo calcarenite ecc.)	
Modulo Elastico minimo:	1,20E+06 [kN/mq]
Modulo Elastico massimo:	1,62E+06 [kN/mq]
Resistenza minima a compressione:	2,00E+03 [kN/mq]
Resistenza massima a compressione:	3,20E+03 [kN/mq]
Resistenza minima a taglio:	4,00E+01 [kN/mq]
Resistenza minima a taglio:	8,00E+01 [kN/mq]
Resistenza media a compressione:	2,60E+03 [kN/mq]
Resistenza media a taglio:	6,00E+01 [kN/mq]
Peso specifico γ :	1,60E+01 [kN/mc]
Livello di Conoscenza LC1 con un fattore di sicurezza pari a:	1,35 [-]
Coefficiente di sicurezza sulle proprietà meccaniche γ_{m2} :	2,00 [-]
Resistenza di calcolo a compressione:	740,7407 [kN/mq]
Resistenza di calcolo a taglio:	14,8148 [kN/mq]

Geometria della Copertura:

Altezza della Copertura :	2,80 [m]
Larghezza della Copertura :	13,00 [m]
Spessore della Copertura :	0,80 [m]
Rientro della Copertura :	0,00 [m]
Caratteristiche dei tiranti:	
Tirante n° 1: Tirante24	
Tipologia del Tirante:	Nuovo da Verificare
Sforzo di Pretensione del Tirante:	10,00 [kN]
Diametro del cavo del Tirante ϕ :	24,00 [mm]
Lunghezza del cavo del Tirante:	150,00 [m]
Modulo Elastico di Young del Tirante:	2,10E+08 [kN/mq]
Tensione di Calcolo del Tirante f_{yd} :	2,40E+05 [kN/mq]
Deformazione ultima del Tirante:	2,50E-02 [-]

Spessore del Capochiave:	20,00 [mm]
Base del Capochiave:	300,00 [mm]
Diametro del Capochiave:	300,00 [mm]
Spessore della nervatura:	10,00 [mm]
Altezza della nervatura:	50,00 [mm]
Posizione Verticale del Tirante:	0,50 [m]
Posizione Orizzontale del Tirante:	3,00 [m]

Tirante n° 2: Tirante24

Tipologia del Tirante:	Nuovo da Verificare
Sforzo di Pretensione del Tirante:	10,00 [kN]
Diametro del cavo del Tirante ϕ :	24,00 [mm]
Lunghezza del cavo del Tirante:	150,00 [m]
Modulo Elastico di Young del Tirante:	2,10E+08 [kN/mq]
Tensione di Calcolo del Tirante f_{yd} :	2,40E+05 [kN/mq]
Deformazione ultima del Tirante:	2,50E-02 [-]
Spessore del Capochiave:	20,00 [mm]
Base del Capochiave:	300,00 [mm]
Diametro del Capochiave:	300,00 [mm]
Spessore della nervatura:	10,00 [mm]
Altezza della nervatura:	50,00 [mm]
Posizione Verticale del Tirante:	0,50 [m]
Posizione Orizzontale del Tirante:	10,00 [m]

Descrizione Tipologia di Solaio:

Copertura Praticabile

G_{1k} carico permanente strutturale del solaio:	4,08 [kN/mq]
G_{2k} carico permanente non strutturale del solaio:	1,00 [kN/mq]
ϕ_2 coefficiente carico variabile del solaio:	0,00 [-]
Q_k carico variabile del solaio:	0,50 [kN/mq]
is: semi-lunghezza del solaio:	2,50 [m]
es: eccentricità delle reazioni di appoggio del solaio:	0,05 [m]
p_{vd} carico di calcolo verticale del solaio della parete:	5,08 [kN/mq]
p_{hd} carico di calcolo orizzontale del solaio della parete:	5,08 [kN/mq]

Proprietà meccaniche e di resistenza della parete

Tipologia muraria: Muratura a conci di pietra tenera (tufo calcarenite ecc.)

Modulo Elastico minimo:	1,20E+06 [kN/mq]
Modulo Elastico massimo:	1,62E+06 [kN/mq]
Resistenza minima a compressione:	2,00E+03 [kN/mq]
Resistenza massima a compressione:	3,20E+03 [kN/mq]
Resistenza minima a taglio:	4,00E+01 [kN/mq]
Resistenza minima a taglio:	8,00E+01 [kN/mq]
Resistenza media a compressione:	2,60E+03 [kN/mq]
Resistenza media a taglio:	6,00E+01 [kN/mq]
Peso specifico γ	1,60E+01 [kN/mc]
Livello di Conoscenza LC1 con un fattore di sicurezza pari a:	1,35 [-]
Coefficiente di sicurezza sulle proprietà meccaniche γ_{m2} :	2,00 [-]

Resistenza di calcolo a compressione:	740,7407 [kN/mq]
Resistenza di calcolo a taglio:	14,8148 [kN/mq]

Verifiche sui tiranti

Tirante Par.1 Tir.1: Tirante24

Sforzo normale di progetto N_{Ed} :	10,00 [kN]
Sforzo normale resistente a snervamento del cavo $N_{r,snerv}$:	108,57 [kN]
Sforzo normale resistente a punzonamento $N_{r,punz}$:	52,15 [kN]
Sforzo normale resistente a schiacciamento $N_{r,sch}$:	66,67 [kN]
Verifica Tirante a snervamento del cavo $N_{Ed}/N_{r,snerv}$:	0,09 [-]

Verifica Tirante a punzonamento $N_{Ed}/N_{r,punz}$:	0,19 [-]
Verifica Tirante a schiacciamento $N_{Ed}/N_{r,sch}$:	0,15 [-]

Tirante Par.1 Tir.2: Tirante24

Sforzo normale di progetto N_{Ed} :	10,00 [kN]
Sforzo normale resistente a snervamento del cavo $N_{r,snerv}$:	108,57 [kN]
Sforzo normale resistente a punzonamento $N_{r,punz}$:	52,15 [kN]
Sforzo normale resistente a schiacciamento $N_{r,sch}$:	66,67 [kN]
Verifica Tirante a snervamento del cavo $N_{Ed}/N_{r,snerv}$:	0,09 [-]
Verifica Tirante a punzonamento $N_{Ed}/N_{r,punz}$:	0,19 [-]
Verifica Tirante a schiacciamento $N_{Ed}/N_{r,sch}$:	0,15 [-]

Tirante Par.1 Tir.3: Tirante24

Sforzo normale di progetto N_{Ed} :	10,00 [kN]
Sforzo normale resistente a snervamento del cavo $N_{r,snerv}$:	108,57 [kN]
Sforzo normale resistente a punzonamento $N_{r,punz}$:	52,15 [kN]
Sforzo normale resistente a schiacciamento $N_{r,sch}$:	66,67 [kN]
Verifica Tirante a snervamento del cavo $N_{Ed}/N_{r,snerv}$:	0,09 [-]
Verifica Tirante a punzonamento $N_{Ed}/N_{r,punz}$:	0,19 [-]
Verifica Tirante a schiacciamento $N_{Ed}/N_{r,sch}$:	0,15 [-]

Tirante Par.1 Tir.4: Tirante24

Sforzo normale di progetto N_{Ed} :	10,00 [kN]
Sforzo normale resistente a snervamento del cavo $N_{r,snerv}$:	108,57 [kN]
Sforzo normale resistente a punzonamento $N_{r,punz}$:	52,15 [kN]
Sforzo normale resistente a schiacciamento $N_{r,sch}$:	66,67 [kN]
Verifica Tirante a snervamento del cavo $N_{Ed}/N_{r,snerv}$:	0,09 [-]
Verifica Tirante a punzonamento $N_{Ed}/N_{r,punz}$:	0,19 [-]
Verifica Tirante a schiacciamento $N_{Ed}/N_{r,sch}$:	0,15 [-]

Tirante Timpano Tir.1: Tirante24

Sforzo normale di progetto N_{Ed} :	41,44 [kN]
Sforzo normale resistente a snervamento del cavo $N_{r,snerv}$:	108,57 [kN]
Sforzo normale resistente a punzonamento $N_{r,punz}$:	52,15 [kN]
Sforzo normale resistente a schiacciamento $N_{r,sch}$:	66,67 [kN]
Verifica Tirante a snervamento del cavo $N_{Ed}/N_{r,snerv}$:	0,38 [-]
Verifica Tirante a punzonamento $N_{Ed}/N_{r,punz}$:	0,79 [-]
Verifica Tirante a schiacciamento $N_{Ed}/N_{r,sch}$:	0,62 [-]

Tirante Timpano Tir.2: Tirante24

Sforzo normale di progetto N_{Ed} :	41,44 [kN]
Sforzo normale resistente a snervamento del cavo $N_{r,snerv}$:	108,57 [kN]
Sforzo normale resistente a punzonamento $N_{r,punz}$:	52,15 [kN]
Sforzo normale resistente a schiacciamento $N_{r,sch}$:	66,67 [kN]
Verifica Tirante a snervamento del cavo $N_{Ed}/N_{r,snerv}$:	0,38 [-]
Verifica Tirante a punzonamento $N_{Ed}/N_{r,punz}$:	0,79 [-]
Verifica Tirante a schiacciamento $N_{Ed}/N_{r,sch}$:	0,62 [-]

Verifiche sui Capochiave

Tirante Par.1 Tir.1: Tirante24

Momento flettente di calcolo M_{Ed} :	353,55 [kN mm]
Sforzo Tagliante di calcolo M_{Ed} :	5,00 [kN]
Verifica di Von Mises (M) S_{id}/f_{yd} :	0,0886 [-]
Verifica di Von Mises (V) S_{id}/f_{yd} :	0,0027 [-]

Tirante Par.1 Tir.2: Tirante24

Momento flettente di calcolo M_{Ed} :	353,55 [kN mm]
Sforzo Tagliante di calcolo M_{Ed} :	5,00 [kN]
Verifica di Von Mises (M) S_{id}/f_{yd} :	0,0886 [-]
Verifica di Von Mises (V) S_{id}/f_{yd} :	0,0027 [-]

Tirante Par.1 Tir.3: Tirante24
 Momento flettente di calcolo M_{Ed} :..... 353,55 [kN mm]
 Sforzo Tagliante di calcolo M_{Ed} :..... 5,00 [kN]
 Verifica di Von Mises (M) S_{id}/f_{yd} :..... 0,0886 [-]
 Verifica di Von Mises (V) S_{id}/f_{yd} :..... 0,0027 [-]

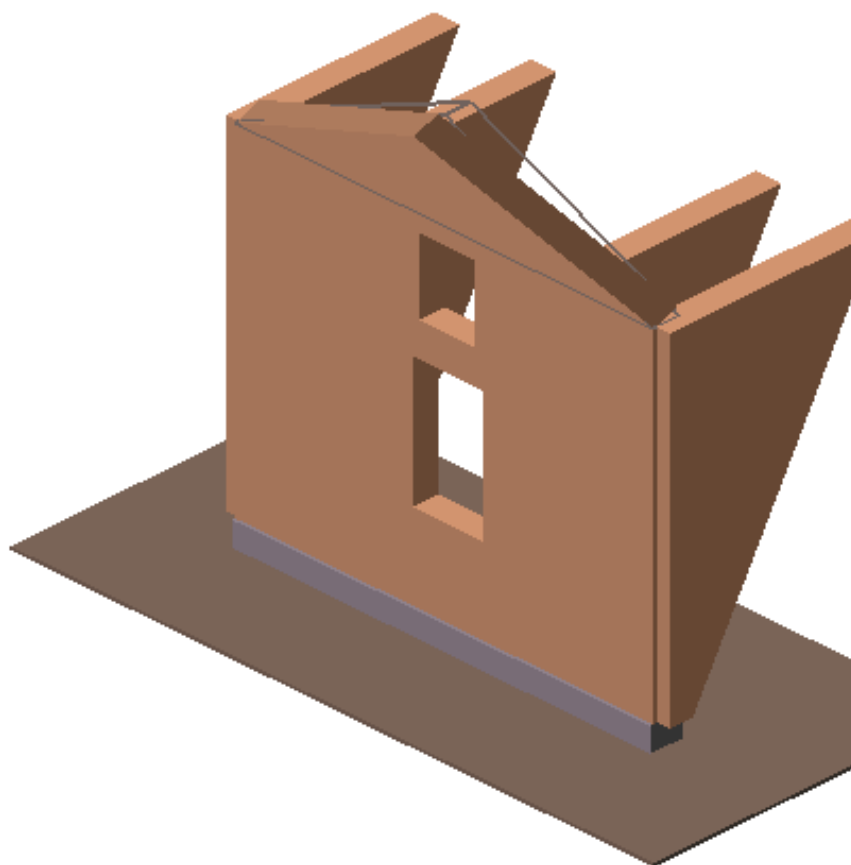
Tirante Par.1 Tir.4: Tirante24
 Momento flettente di calcolo M_{Ed} :..... 353,55 [kN mm]
 Sforzo Tagliante di calcolo M_{Ed} :..... 5,00 [kN]
 Verifica di Von Mises (M) S_{id}/f_{yd} :..... 0,0886 [-]
 Verifica di Von Mises (V) S_{id}/f_{yd} :..... 0,0027 [-]

Tirante Par.2 Tir.1: Tirante24
 Momento flettente di calcolo M_{Ed} :..... 1465,28 [kN mm]
 Sforzo Tagliante di calcolo M_{Ed} :..... 20,72 [kN]
 Verifica di Von Mises (M) S_{id}/f_{yd} :..... 0,3671 [-]
 Verifica di Von Mises (V) S_{id}/f_{yd} :..... 0,0111 [-]

Tirante Par.2 Tir.2: Tirante24
 Momento flettente di calcolo M_{Ed} :..... 1465,28 [kN mm]
 Sforzo Tagliante di calcolo M_{Ed} :..... 20,72 [kN]
 Verifica di Von Mises (M) S_{id}/f_{yd} :..... 0,3671 [-]
 Verifica di Von Mises (V) S_{id}/f_{yd} :..... 0,0111 [-]

Risultati Meccanismi Locali tramite Analisi Cinematica Lineare e/o Analisi Cinematica Non Lineare:

Cinematismo n° 1: Ribaltamento Timpano



Quota di attivazione del cinematismo:	10,00 [m]
Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\Psi_{(z)}$:	1,250 [-]
Momento Ribaltante M_{rib} :	469,103 [kN*m]
Momento Stabilizzante M_{st} :	214,434 [kN*m]
Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 :	0,457 [-]
accelerazione spettrale di attivazione del cinematismo a_0^* :	0,353 [g]
Massa partecipante al cinematismo M^* :	40,414 [kN/g]
Frazione di massa partecipante della struttura e^* :	0,960 [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLD $a_{g,SLD}$:	0,073 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLD ($a_{g,SLD} S$)/ q_{SLD} :	0,109 [g]
Accelerazione di riferimento in elevazione allo SLD: $a_z(z)_{SLD}$:	0,345 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLD:	0,310 [-]
Fattore di verifica in elevazione allo SLD:	0,978 [-]

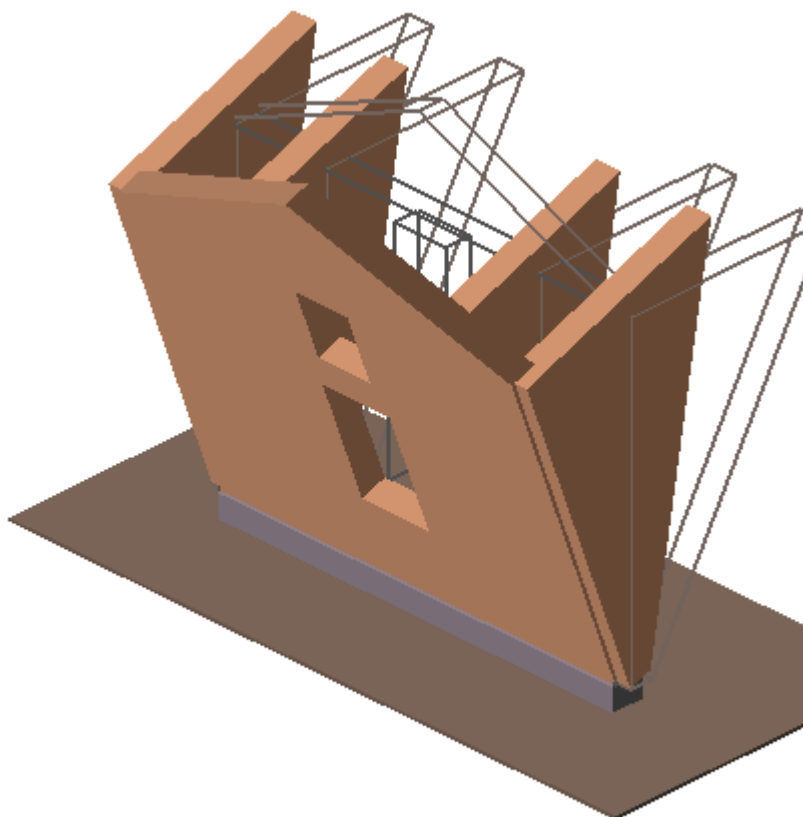
Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLD:	VERIFICATO
Esito verifica meccanismo in elevazione allo SLD:	VERIFICATO

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLV $a_{g,SLV}$:	0,161 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLV ($a_{g,SLV} S$)/ q_{SLV} :	0,117 [g]
Accelerazione di riferimento in elevazione allo SLV: $a_z(z)_{SLV}$:	0,370 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLV:	0,332 [-]
Fattore di verifica in elevazione allo SLV:	1,00 [-]

Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLV:	VERIFICATO
Esito verifica meccanismo in elevazione allo SLV:	VERIFICATO

Cinematismo n° 2: Ribaltamento Singola Parete a quota zero



Quota di attivazione del cinematismo:	0,00 [m]
Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\Psi_{(z)}$:.....	0,000 [-]
Momento Ribaltante M_{rib} :	22546,850 [kN*m]
Momento Stabilizzante M_{st} :	6886,145 [kN*m]
Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 :	0,305 [-]
accelerazione spettrale di attivazione del cinematismo a_0^* :	0,243 [g]
Massa partecipante al cinematismo M^* :	329,280 [kN/g]
Frazione di massa partecipante della struttura e^* :	0,932 [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLD $a_{g,SLD}$:	0,073 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLD ($a_{g,SLD} S$)/ q_{SLD} :	0,109 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLD:	0,450 [-]

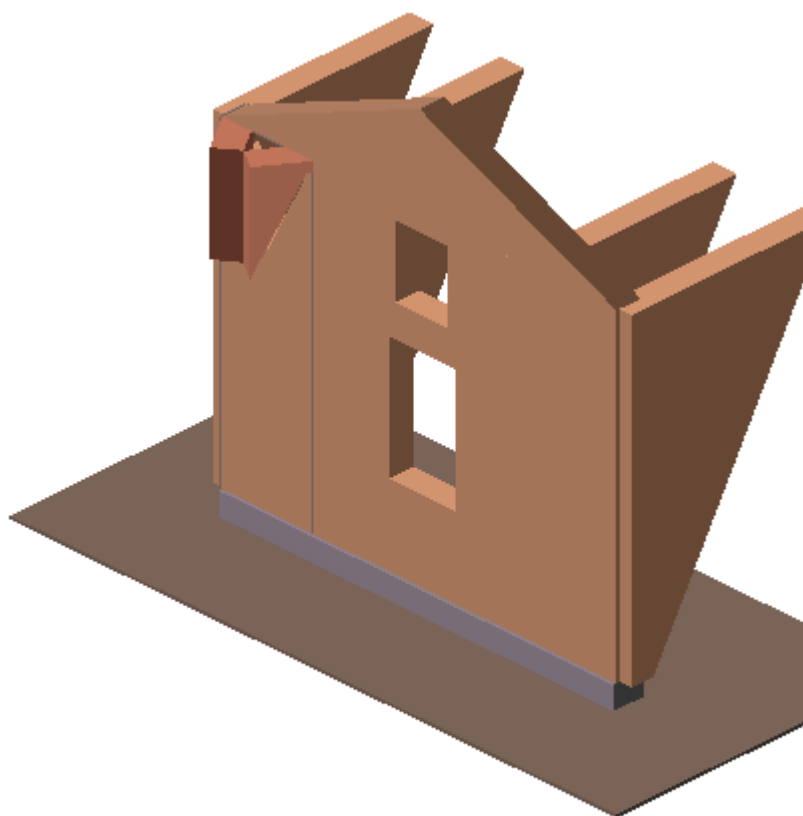
Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLD: VERIFICATO

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLV $a_{g,SLV}$:	0,161 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLV ($a_{g,SLV} S$)/ q_{SLV} :	0,117 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLV:	0,482 [-]

Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLV: VERIFICATO

Cinematismo n° 3: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata



Quota di attivazione del cinematismo:	0,00 [m]
Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\Psi_{(z)}$:.....	0,875 [-]
Momento Ribaltante M_{rib} :	68,850 [kN*m]
Momento Stabilizzante M_{st} :	368,724 [kN*m]

Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 :	5,355 [-]
accelerazione spettrale di attivazione del cinematismo a_0^* :	4,012 [g]
Massa partecipante al cinematismo M^* :	7,320 [kN/g]
Frazione di massa partecipante della struttura e^* :	0,989 [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLD $a_{g,SLD}$:	0,073 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLD $(a_{g,SLD} S)/q_{SLD}$:	0,109 [g]
Accelerazione di riferimento in elevazione allo SLD: $a_z(z)_{SLD}$:	0,241 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLD:	0,027 [-]
Fattore di verifica in elevazione allo SLD:	0,060 [-]

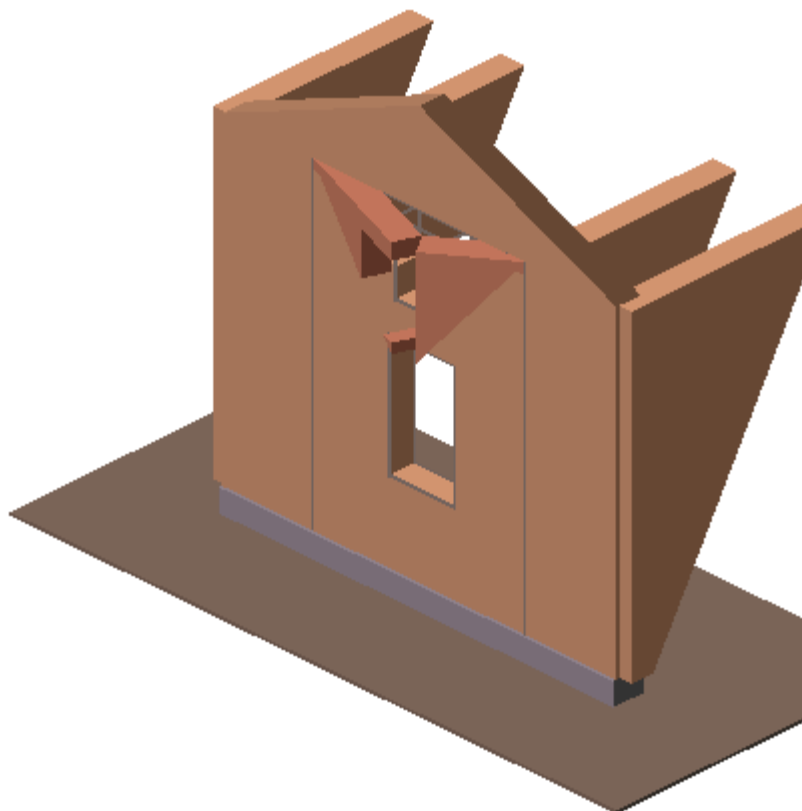
Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLD:	VERIFICATO
Esito verifica meccanismo in elevazione allo SLD:	VERIFICATO

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLV $a_{g,SLV}$:	0,161 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLV $(a_{g,SLV} S)/q_{SLV}$:	0,117 [g]
Accelerazione di riferimento in elevazione allo SLV: $a_z(z)_{SLV}$:	0,259 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLV:	0,029 [-]
Fattore di verifica in elevazione allo SLV:	0,065 [-]

Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLV:	VERIFICATO
Esito verifica meccanismo in elevazione allo SLV:	VERIFICATO

Cinematismo n° 4: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata



Quota di attivazione del cinematismo:	0,00 [m]
Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\psi_{(z)}$:	0,875 [-]
Momento Ribaltante M_{rib} :	445,749 [kN*m]
Momento Stabilizzante M_{st} :	303,427 [kN*m]

Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 :	0,681 [-]
accelerazione spettrale di attivazione del cinematismo a_0^* :	0,509 [g]
Massa partecipante al cinematismo M^* :	16,565 [kN/g]
Frazione di massa partecipante della struttura e^* :	0,990 [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLD $a_{g,SLD}$:	0,073 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLD $(a_{g,SLD} S)/q_{SLD}$:	0,109 [g]
Accelerazione di riferimento in elevazione allo SLD: $a_z(z)_{SLD}$:	0,241 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLD:	0,215 [-]
Fattore di verifica in elevazione allo SLD:	0,474 [-]

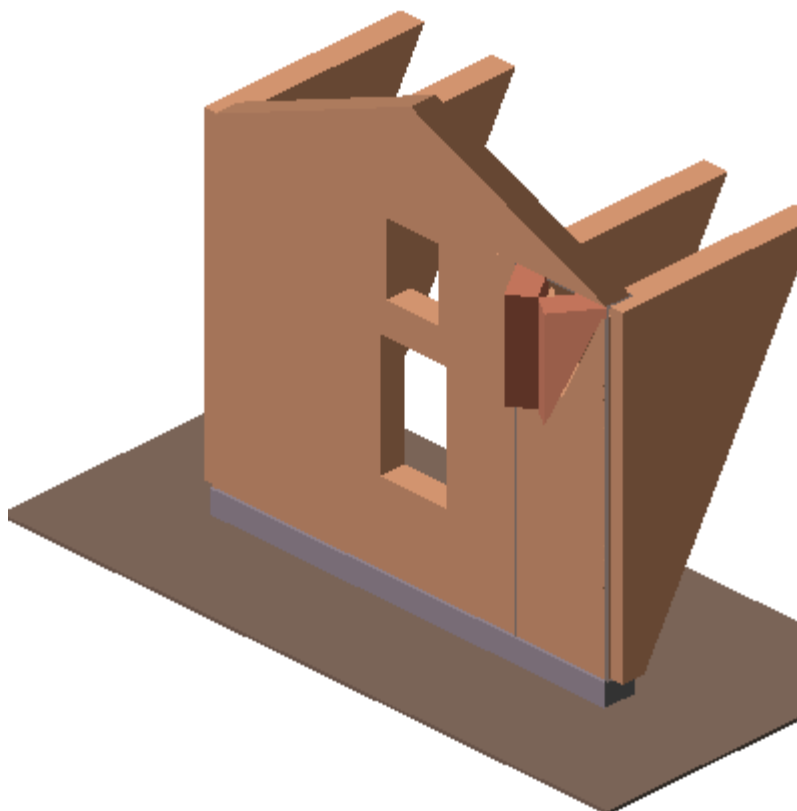
Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLD:	VERIFICATO
Esito verifica meccanismo in elevazione allo SLD:	VERIFICATO

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLV $a_{g,SLV}$:	0,161 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLV $(a_{g,SLV} S)/q_{SLV}$:	0,117 [g]
Accelerazione di riferimento in elevazione allo SLV: $a_z(z)_{SLV}$:	0,259 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLV:	0,230 [-]
Fattore di verifica in elevazione allo SLV:	0,509 [-]

Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLV:	VERIFICATO
Esito verifica meccanismo in elevazione allo SLV:	VERIFICATO

Cinematismo n° 5: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata



Quota di attivazione del cinematismo:	0,00 [m]
Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\psi_{(z)}$:	0,875 [-]
Momento Ribaltante M_{rib} :	68,850 [kN*m]
Momento Stabilizzante M_{st} :	368,724 [kN*m]

Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 :	5,355 [-]
accelerazione spettrale di attivazione del cinematisimo a_0^* :	4,012 [g]
Massa partecipante al cinematisimo M^* :	7,320 [kN/g]
Frazione di massa partecipante della struttura e^* :	0,989 [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLD $a_{g,SLD}$:	0,073 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLD $(a_{g,SLD} S)/q_{SLD}$:	0,109 [g]
Accelerazione di riferimento in elevazione allo SLD: $a_z(z)_{SLD}$:	0,241 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLD:	0,027 [-]
Fattore di verifica in elevazione allo SLD:	0,060 [-]

Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLD:	VERIFICATO
Esito verifica meccanismo in elevazione allo SLD:	VERIFICATO

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione orizzontale massima in sito allo SLV $a_{g,SLV}$:	0,161 [g]
Accelerazione di riferimento al suolo allo SLV $(a_{g,SLV} S)/q_{SLV}$:	0,117 [g]
Accelerazione di riferimento in elevazione allo SLV: $a_z(z)_{SLV}$:	0,259 [g]
Fattore di verifica a quota zero allo SLV:	0,029 [-]
Fattore di verifica in elevazione allo SLV:	0,065 [-]

Esito verifica meccanismo a quota zero allo SLV:	VERIFICATO
Esito verifica meccanismo in elevazione allo SLV:	VERIFICATO

Confronto PGA in sito e PGA meccanismi di collasso locali

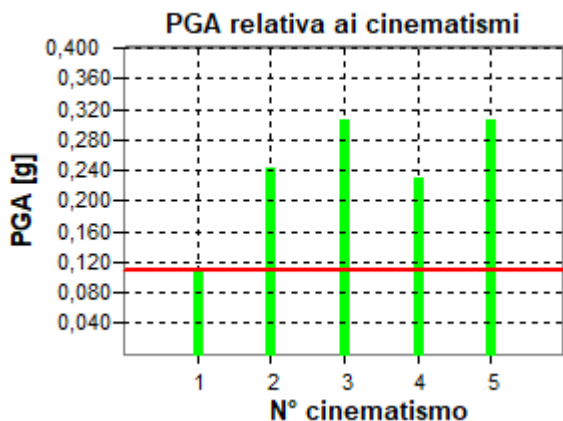


Figura 7 - Confronto PGA SLD

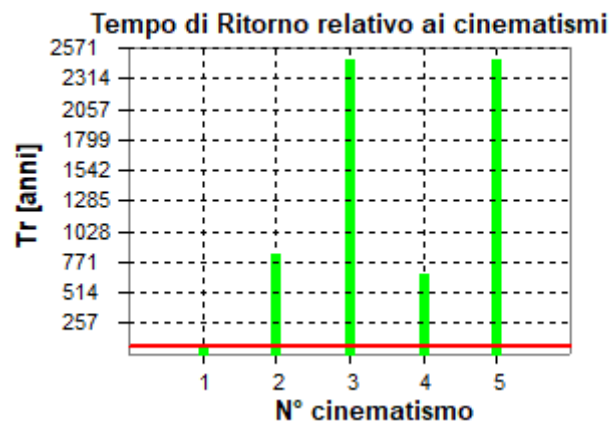


Figura 8 - Confronto TR SLD

Cinematisimo n° 1: Ribaltamento Timpano

Accelerazione del suolo PGA_D allo SLD:	0,1094 [g]
Tempo di Ritorno TR_D allo SLD:	75 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLD:	0,1127 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLD:	82 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$:	1,0302 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_S = TR_{C,Lin}/TR_D$:	1,0807 [-]

Cinematisimo n° 2: Ribaltamento Singola Parete a quota zero

Accelerazione del suolo PGA_D allo SLD:	0,1094 [g]
Tempo di Ritorno TR_D allo SLD:	75 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLD:	0,2439 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLD:	840 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$:	2,2306 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_S = TR_{C,Lin}/TR_D$:	11,1315 [-]

Cinematismo n° 3: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata

Accelerazione del suolo PGA_D allo SLD:	0,1094 [g]
Tempo di Ritorno TR_D allo SLD:	75 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLD:	0,3058 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLD:	2471 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$:	2,7968 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_s = TR_{C,Lin}/TR_D$:	32,7545 [-]

Cinematismo n° 4: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata

Accelerazione del suolo PGA_D allo SLD:	0,1094 [g]
Tempo di Ritorno TR_D allo SLD:	75 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLD:	0,2308 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLD:	673 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$:	2,1103 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_s = TR_{C,Lin}/TR_D$:	8,9191 [-]

Cinematismo n° 5: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata

Accelerazione del suolo PGA_D allo SLD:	0,1094 [g]
Tempo di Ritorno TR_D allo SLD:	75 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLD:	0,3058 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLD:	2471 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$:	2,7968 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_s = TR_{C,Lin}/TR_D$:	32,7545 [-]

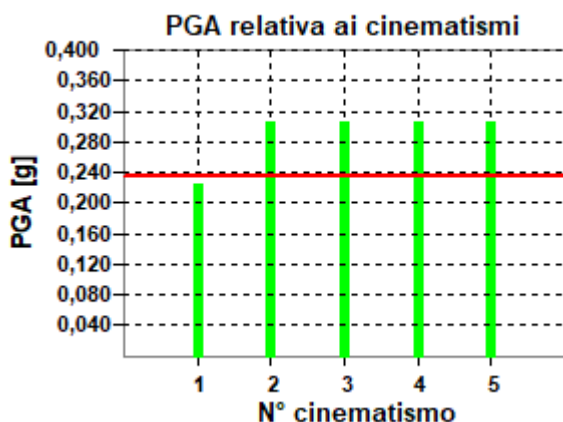


Figura: 9 - Confronto PGA SLV

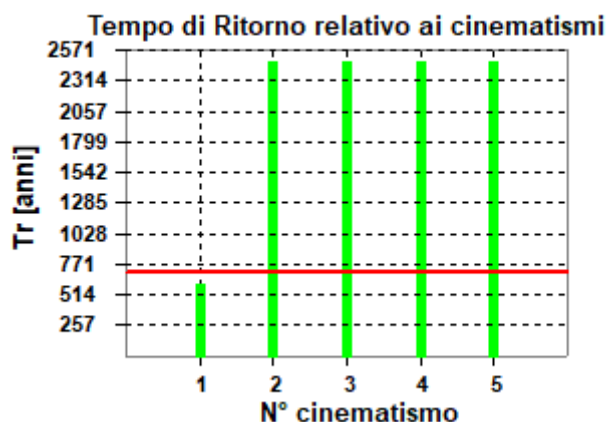


Figura: 10 - Confronto TR SLV

Cinematismo n° 1: Ribaltamento Timpano

Accelerazione del suolo PGA_D allo SLV:	0,2340 [g]
Tempo di Ritorno TR_D allo SLV:	712 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLV:	0,2247 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLV:	606 [anni]
Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$:	0,9600 [-]
Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_s = TR_{C,Lin}/TR_D$:	0,8519 [-]

Cinematismo n° 2: Ribaltamento Singola Parete a quota zero

Accelerazione del suolo PGA_D allo SLV:	0,2340 [g]
Tempo di Ritorno TR_D allo SLV:	712 [anni]
Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLV:	0,3058 [g]
Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLV:	2471 [anni]

Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$: 1,3068 [-]
 Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_s = TR_{C,Lin}/TR_D$: 3,4708 [-]

Cinematismo n° 3: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata

Accelerazione del suolo PGA_D allo SLV: 0,2340 [g]
 Tempo di Ritorno TR_D allo SLV: 712 [anni]
 Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLV: 0,3058 [g]
 Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLV: 2471 [anni]
 Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$: 1,3068 [-]
 Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_s = TR_{C,Lin}/TR_D$: 3,4708 [-]

Cinematismo n° 4: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata

Accelerazione del suolo PGA_D allo SLV: 0,2340 [g]
 Tempo di Ritorno TR_D allo SLV: 712 [anni]
 Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLV: 0,3058 [g]
 Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLV: 2471 [anni]
 Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$: 1,3068 [-]
 Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_s = TR_{C,Lin}/TR_D$: 3,4708 [-]

Cinematismo n° 5: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata

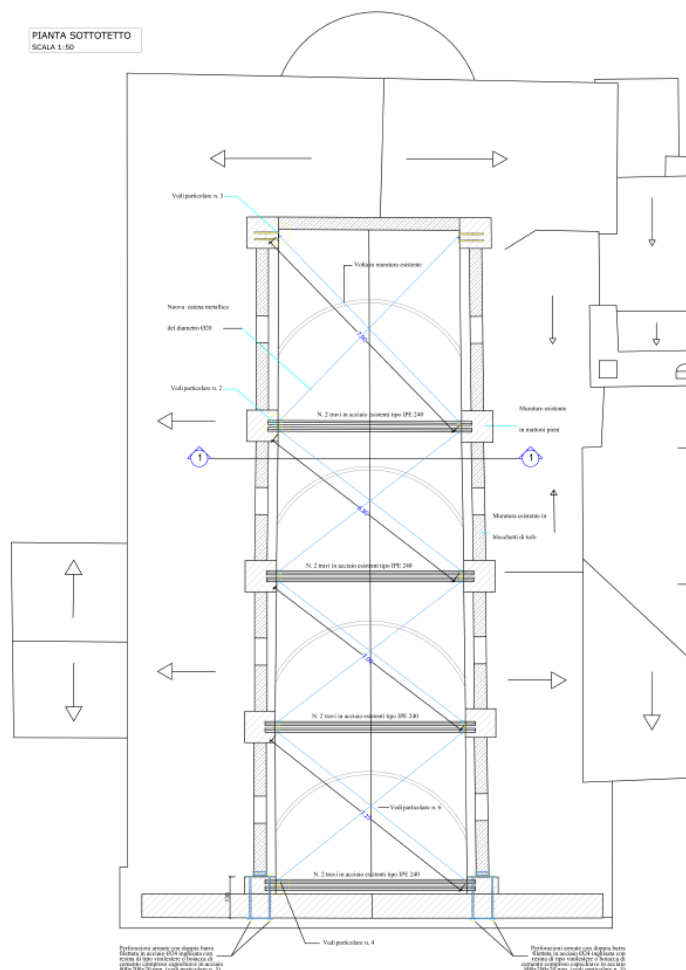
Accelerazione del suolo PGA_D allo SLV: 0,2340 [g]
 Tempo di Ritorno TR_D allo SLV: 712 [anni]
 Accelerazione del suolo nel caso di analisi cinematica lineare $PGA_{C,Lin}$ allo SLV: 0,3058 [g]
 Tempo di Ritorno nel caso di analisi cinematica lineare $TR_{C,Lin}$ allo SLV: 2471 [anni]
 Rapporto PGA nel caso di analisi cinematica lineare $\alpha_{PGA} = PGA_{C,Lin}/PGA_D$: 1,3068 [-]
 Rapporto TR nel caso di analisi cinematica lineare $I_s = TR_{C,Lin}/TR_D$: 3,4708 [-]

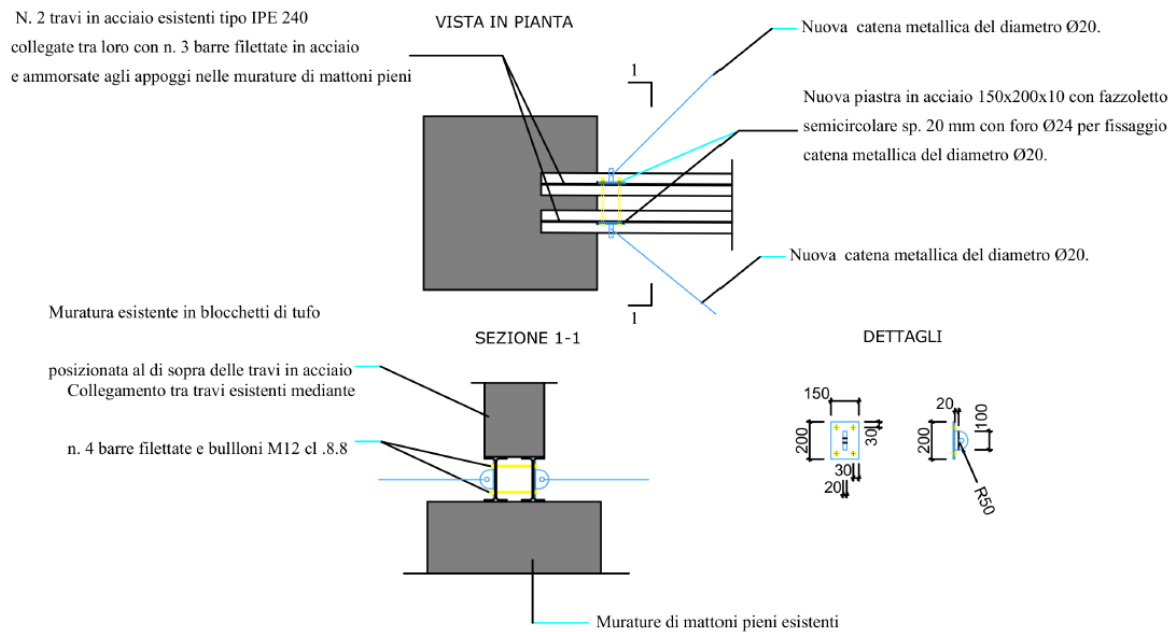
7.5. Catene in copertura

La copertura della chiesa è realizzata in cemento armato e scarica sulle parte laterali per mezzo di timpani in muratura poggiati su travi in acciaio come mostrato nella foto seguente.



L'intervento consiste nell'inserimento di catene incrociate che saranno collegate alle travi in acciaio esistenti al fine di creare una distribuzione delle forze orizzontali e un irrigidimento nel piano.





L'azione derivante dal sisma, agente sul collegamento, si ottiene con la formula seguente:

$$F_h = S_d(T_1) \cdot \frac{W}{g} \cdot \lambda$$

dove W è pari ai carichi gravitazionali per la superficie della copertura che risulta pari allo sviluppo inclinato della copertura per l'interasse tra le travi: $S = (7,8+7,8) \cdot 4,4 = 68,64 \text{ m}^2$. I carichi gravitazionali risultano pari a $5,08 \text{ kN/m}^2$ quindi il peso W risulta pari a $W = 5,08 \cdot 68,64 = 348,7 \text{ kN}$.

In maniera cautelativa $S_d(T_1)$ si assume pari a $0,20g$ e il coefficiente $\lambda = 1$.

La forza sismica vale quindi $F_h = 0,20 \cdot 348,7 \cdot 1 = 69,74 \text{ kN}$.

Tale azione viene trasferita dalla trave in acciaio alle due catene convergenti nel nodo, quindi per ogni catena si ha $F_{h,catena} = 34,87 \text{ kN}$.

Considerando per le catene un diametro pari a $\phi 20$, la resistenza dei tiranti risulta pari a $T_t = f_{yd} \cdot A_t = (275/1,05) \cdot \pi \cdot 20^2/4 = 82,28 \text{ kN}$.

Il coefficiente di verifica è pari a $0,424 < 1$ quindi la verifica risulta soddisfatta.