



COMUNE DI MONSAMPIETRO MORICO

PROVINCIA DI FERMO
AREA TECNICA



OGGETTO:

Opere per la messa in sicurezza del centro storico di Sant'Elpidio Morico danneggiato dagli eventi sismici del 24 agosto 2016 e successivi.

Tirantatura degli edifici distinti al Fg.8 mappali 441 e 179

ELABORATO

02

RELAZIONE DI CALCOLO

Il progettista e Direttore dei Lavori

L'impresa

L'amministrazione comunale di Monsampietro Morico

Normativa di riferimento

La normativa italiana cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- Legge n. 1086 del 5 Novembre 1971. *"Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica"*.
- Legge n. 64 del 2 Febbraio 1974. *"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"*.
- D.M. del 3 Marzo 1975. *"Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche"*.
- D.M. del 3 Marzo 1975. *"Disposizioni concernenti l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche"*.
- D.M. del 3 Ottobre 1978. *"Criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi"*.
- D.M. del 14 Febbraio 1992. *"Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in C.A. normale e precompresso e per le strutture metalliche"*.
- *Istruzioni per la valutazione delle: Azioni sulle Costruzioni.* (C.N.R. 10012/85)
- D.M. del 9 Gennaio 1996. *"Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche"*.
- D.M. del 16 Gennaio 1996. *"Norme tecniche relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi»"*.
- D.M. del 16 Gennaio 1996. *"Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche"*
- Ordinanza n. 3274 del 20 Marzo 2003. *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"*
- Ordinanza n. 3316. *"Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003"*
- D.M. del 14 Gennaio 2008 *"Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"*
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009 n. 617 *Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni"*
- EC3 UNI EN 1993-1-1:2005 e appendice A
- Manuale Opere Provvisorie – STOP. Ministero dell'Interno – Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco – Università degli studi di Udine
- Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni NTC2018

PREMESSA

Per la progettazione di opere provvisoriale successivamente alla fase di emergenza sismica, le NTC18 prevedono una azione sismica di riferimento definita come accelerazione che ha la probabilità di superamento del 10% nel periodo di riferimento e a ciò corrisponde una vita nominale di 10 anni e una vita di riferimento di 35 anni, ossia l'azione corrispondente ad un periodo di ritorno di 332 anni. Pertanto, con riferimento allo SLV, l'accelerazione al suolo, valutata per il Comune di Monsampietro Morico, è pari a $a_g/g=0.153$, amplificata dei coefficienti di sottosuolo e topografici di $S_t \cdot S_s = 1.800$.

Nel seguito si caratterizza l'azione sismica sulla base delle NTC18:

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate LONGITUDINE: 13.5566 LATTITUDINE: 43.0687

Ricerca per comune REGIONE: Marche PROVINCIA: Ascoli Piceno COMUNE: Monsampietro Mo

Elaborazioni grafiche
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Controllo sul reticolo
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

Interpolazione
 superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_u info

Valori di progetto

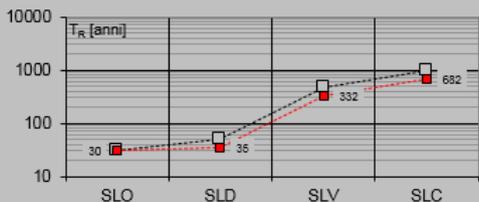
Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

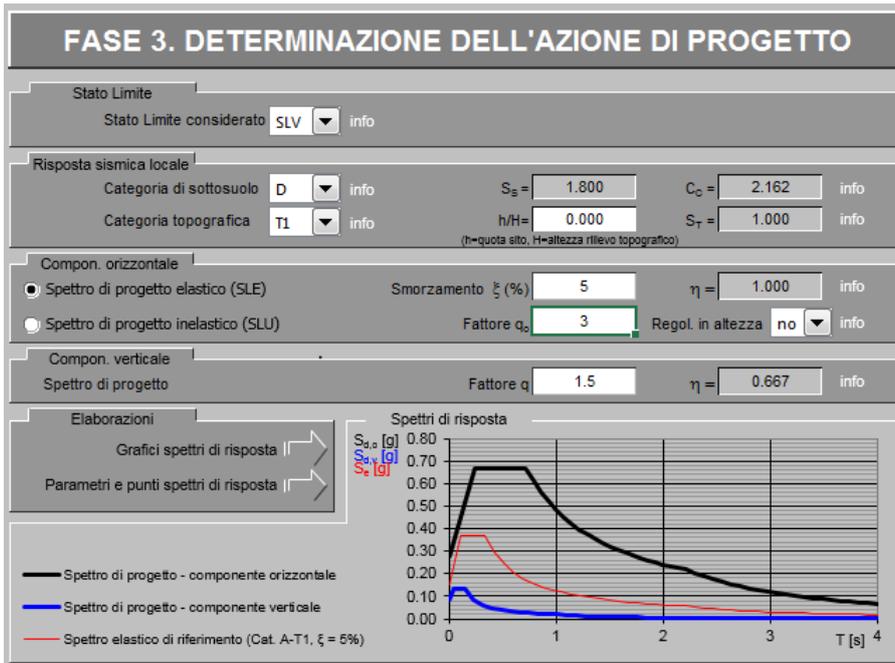
Stati limite di esercizio - SLE {
 SLO - $P_{VR} = 81\%$
 SLD - $P_{VR} = 63\%$
 SLV - $P_{VR} = 10\%$
 Stati limite ultimi - SLU {
 SLC - $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni
 Grafici parametri azione
 Grafici spettri di risposta
 Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO
 - - - - - Strategia per costruzioni ordinarie
 - - - - - Strategia scelta



Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_R	0.153 g
$F_{D,0}$	2.426
T_C	0.334 s
S_S	1.800
C_C	2.162
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.800
η	1.000
T_B	0.241 s
T_C	0.723 s
T_D	2.212 s

Materiali e caratteristiche meccaniche delle murature

- a) Per l'edificio individuato catastalmente al Fig. 8 p.la 441, si assume per la muratura in esame, il minor valore di resistenza media a taglio dettato dalla tabella C8A.2.1 delle NTC18:

Tipologia di muratura	f_m	τ_0	E	G	w
	(N/cm ²)	(N/cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(kNm ³)
	Min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100	2,0	690	230	19
	180	3,2	1050	350	
Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	200	3,5	1020	340	20
	300	5,1	1440	480	
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260	5,6	1500	500	21
	380	7,4	1980	660	
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	140	2,8	900	300	16
	240	4,2	1260	420	
Muratura a blocchi lapidei squadrati	600	9,0	2400	780	22
	800	12,0	3200	940	
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	240	6,0	1200	400	18
	400	9,2	1800	600	

$$f_m = 2.40 \text{ MPa} ; \gamma_m = 2.00 ; F.C. = 1.35 \rightarrow$$

$$f_{m,d} = 0.88 \text{ MPa (resistenza di progetto a compressione della muratura)}$$

$$\tau_0 = 0.06 \text{ MPa} ; \gamma_m = 2.00 ; F.C. = 1.35 \rightarrow$$

$$\tau_{0,d} = 0.022 \text{ MPa (resistenza di progetto a taglio della muratura)}$$

b) Per l'edificio individuato catastalmente al Fig. 8 p.lla 179, si assume per la muratura in esame, il minor valore di resistenza media a taglio dettato dalla tabella C8A.2.1 delle NTC18:

Tipologia di muratura	f_m	τ_0	E	G	w
	(N/cm ²)	(N/cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(kN/m ³)
	Min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100	2,0	690	230	19
	180	3,2	1050	350	
Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	200	3,5	1020	340	20
	300	5,1	1440	480	
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260	5,6	1500	500	21
	380	7,4	1980	660	
Muratura a conci di pietra tenera (tiro, calcarenite, ecc.)	140	2,8	900	300	16
	240	4,2	1260	420	
Muratura a blocchi lapidei squadriati	600	9,0	2400	780	22
	800	12,0	3200	940	
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	240	6,0	1200	400	18
	400	9,2	1800	600	

$$f_m = 2.60 \times 0.8 = 2.08 \text{ MPa} ; \gamma_m = 2.00 ; F.C. = 1.35$$

→ x 0.8 per tener conto del nucleo ampio e/o scadente

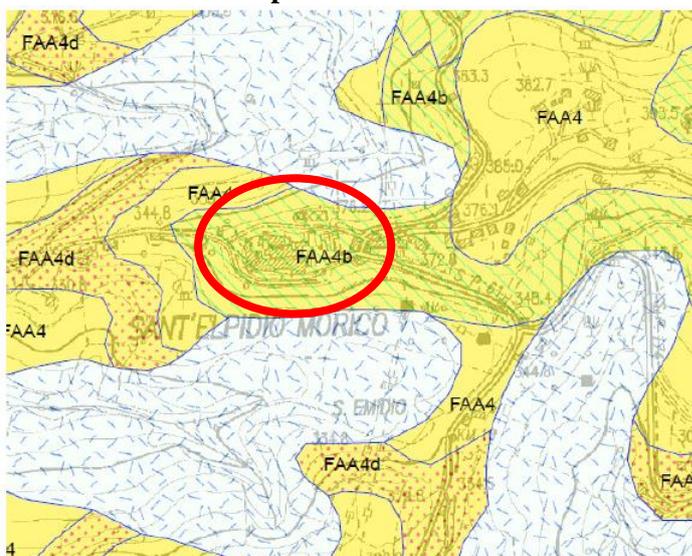
$$f_{m,d} = 0.77 \text{ MPa (resistenza di progetto a compressione della muratura)}$$

$$\tau_0 = 0.035 \times 0.8 = 0.028 \text{ MPa} ; \gamma_m = 2.00 ; F.C. = 1.35$$

→ x 0.8 per tener conto del nucleo ampio e/o scadente

$$\tau_{0,d} = 0.010 \text{ MPa (resistenza di progetto a taglio della muratura)}$$

▪ Precisazione sul tipo di terreno



Ai soli fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto, si individua, ai sensi delle NTC18, p.to 3.3.2, la categoria del suolo come D, ovvero “*Depositi a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt,30} < 15$ nei terreni a

grana grossa e $c_u,30 < 70$ kPa nei
terreni a grana fine)”

L'immagine riporta uno stralcio della sezione 327010 della Carta Geologica Regionale, con l'indicazione della formazione delle argille azzurre, con litofacies arenaceo del Pleistocene inferiore: la presenza di tali affioramenti induce a considerare una categoria del suolo ricompresa fra C e D, e pertanto, si ritiene corretta e cautelativa la scelta adottata.

TIRANTATURA INTERNA PASSANTE (Edificio “ Fig. 8 p.lla 441”)

Il presidio della parete, atto ad evitare i meccanismi di ribaltamento fuori dal piano valutati con il free-software CINE della Reluis, è affidato ad un sistema di cerchiaggio interno in profili ad L 100x100x8 e tiranti Ø20: il dimensionamento degli elementi resistenti (tiranti, profili e piastre) tiene conto delle caratteristiche geometriche e meccaniche in sito delle murature, nonché delle sollecitazioni derivanti da eventuali cinematismi di ribaltamento delle facciate. Nel dettaglio sono stati considerati i seguenti cinematismi locali di ribaltamento, ritenuti i più probabili durante un evento sismico:

- **Ribaltamento semplice di parete monolitica (lato Est e Nord)**
- **Ribaltamento composto di cuneo diagonale (lato Est e Nord)**
- **Meccanismi di sfondamento della parete del timpano (lato Est)**

Nel dimensionamento delle opere provvisoriale, si considerano le seguenti analisi dei carichi:

- Solaio di piano in elevazione:

$$P_s = G_1 \text{ (peso proprio solaio)} + G_2 \text{ (peso permanente)} + \psi \cdot Q \text{ (peso accidentale)} =$$

$$P_s = 1.70 \text{ kN/m}^2 + 1.30 \text{ kN/m}^2 + 0.30 \cdot 2.00 \text{ kN/m}^2 = 3.60 \text{ kN/m}^2$$

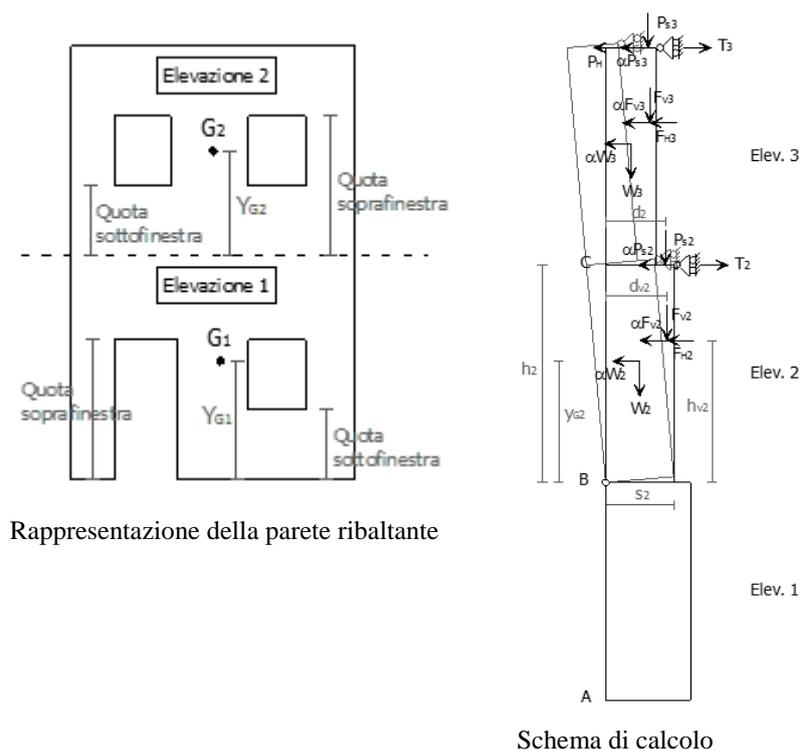
- Solaio di copertura:

$$P_s = G_1 \text{ (peso proprio solaio)} + G_2 \text{ (peso permanente)} + \psi \cdot Q \text{ (peso accidentale)} =$$

$$P_s = 1.34 \text{ kN/m}^2 + 0.60 \text{ kN/m}^2 + 0.30 \cdot 1.50 \text{ kN/m}^2 = 2.40 \text{ kN/m}^2$$

➤ MECCANISMO DI RIBALTAMENTO SEMPLICE DI PARETE MONOLITICA

Il calcolo è condotto valutando il moltiplicatore orizzontale dei carichi α_0 di attivazione dei meccanismi locali per PARETI MONOLITICHE NON VINCOLATE AGLI ORIZZONTAMENTI E NON EFFICACEMENTE COLLEGATE ALLE PARETI DI CONTROVENTO e delle relative PGA per le verifiche. Nel caso di parete a più piani l'applicazione valuta il ribaltamento della stessa per diverse posizioni della cerniera cilindrica, in corrispondenza dei vari orizzontamenti, e fornisce i valori del moltiplicatore associato a ciascuna condizione esaminata.



▪ Stato ante-operam

DATI INIZIALI	Elevazione	GEOMETRIA DELLA FACCIATA (*)					Peso specifico della muratura γ_i [kN/m ³]	Arretramento della cerniera attorno alla quale avviene il ribaltamento rispetto al lembo esterno della parete [m]
		Altezza delle fasce murarie		Larghezza delle fasce murarie				
		Quota del sottofinestra [m]	Quota del soprafinestra [m]	Larghezza della fascia sottofinestra al netto delle aperture [m]	Larghezza della fascia intermedia al netto delle aperture [m]	Larghezza della fascia soprafinestra al netto delle aperture [m]		
		1	2	3	4			
	1	0.90	0.90	6.70	5.10	6.70	18.0	0.10
	2	0.90	0.90	6.70	5.10	6.70	18.0	0.10
	3	0.90	0.90	6.70	5.10	6.70	18.0	0.05
	4							0.05
CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DEI MACROELEMENTI								
Elevazione	Spessore della parete al piano i-esimo S_i [m]	Altezza di interpiano al piano i-esimo h_i [m]	Braccio orizzontale del carico del solaio al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_i [m]	Braccio orizzontale dell'azione di archi o volte al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_{Vi} [m]	Quota del punto di applicazione di azioni trasmesse da archi o volte al piano i-esimo h_{Vi} [m]	Quota del baricentro della parete al piano i-esimo Y_{Gi} [m]	Quota del baricentro della parete al piano i-esimo (**) Y_{Gi} [m]	
1	0.50	2.75	0.34			1.38		
2	0.50	2.75	0.34			1.38		
3	0.50	2.75	0.39			1.38		
4	0.40	2.35	0.39			0.00	0.87	
AZIONI SUI MACROELEMENTI								
Elevazione	Peso proprio della parete al piano i-esimo W_i [kN]	Peso proprio della parete al piano i-esimo (**) W_i [kN]	Carico trasmesso dal solaio al piano i-esimo P_{Si} [kN]	Spinta statica della copertura P_H [kN]	Componente verticale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{Vi} [kN]	Componente orizzontale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{Hi} [kN]	Azione del tirante al piano i-esimo T_i [kN]	
1	165.8		54.3					
2	165.8		54.3					
3	165.8		54.3					
4	0.0	103.0	36.2					
DATI DI CALCOLO	MOMENTO DELLE AZIONI STABILIZZANTI							
	Ribaltamento delle elevazioni:	Peso proprio delle pareti [kNm]	Carico dei solai [kNm]	Azione di archi o volte [kNm]	Azione dei tiranti [kNm]			
	4 - 3 - 2 - 1	98.4	56.8	0.0	0.0			
	4 - 3 - 2	73.5	43.8	0.0	0.0			
	4 - 3	48.6	30.8	0.0	0.0			
	4	15.4	12.3	0.0	0.0			
	MOMENTO DELLE AZIONI RIBALTANTI							
	Ribaltamento delle elevazioni:	Inerzia delle pareti [kNm]	Inerzia dei solai [kNm]	Inerzia di archi o volte [kNm]	Spinta statica di archi o volte [kNm]	Spinta statica della copertura [kNm]		
	4 - 3 - 2 - 1	2052.1	1279.0	0.0	0.0	0.0		
	4 - 3 - 2	912.0	731.7	0.0	0.0	0.0		
4 - 3	228.0	333.8	0.0	0.0	0.0			
4	90.1	85.0	0.0	0.0	0.0			
MULTIPLICATORE α_0	Ribaltamento delle elevazioni:	Valore di α_0	Fattore di Confidenza FC	Massa partecipante M^*	Frazione massa partecipante e^*	Accelerazione spettrale a_0^* [m/sec ²]		
	4 - 3 - 2 - 1	0.047	1.35	63.328	0.777	0.436		
	4 - 3 - 2	0.071		46.490	0.787	0.659		
	4 - 3	0.141		29.530	0.806	1.273		
	4	0.158		11.218	0.791	1.456		

CALCOLO DELLE PGA PER LA VERIFICA DELLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA CIRCOLARE N. 617 DEL 02-02-2009 - ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NTC 14-01-2008					
PARAMETRI DI CALCOLO	Fattore di struttura q		2.00		
	Coefficiente di amplificazione topografica S_T		1.00		
	Categoria suolo di fondazione		D		
	Accelerazione orizzontale massima $a_g(P_{VR})$ [g]		0.153		
	Fattore di amplificazione massima dello spettro F_0		2.426		
	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro T_C^* [sec]		0.334		
	Fattore di smorzamento η		1.000		
	Altezza della struttura H [m]		10.00		
	Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S		1.800		
	Coefficiente C_C		2.163		
	Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione S		1.800		
	Numero di piani dell'edificio N		4		
	Coefficiente di partecipazione modale γ		1.333		
	Primo periodo di vibrazione dell'intera struttura T_1 [sec]		0.281		
		Ribaltamento delle elevazioni:	Baricentro delle linee di vincolo Z [m]	$\psi(Z) = Z/H$	$a_g(SLV)$ (C8A.4.9)
	4 - 3 - 2 - 1			0.049	
	4 - 3 - 2	2.75	0.275	0.075	3.592
	4 - 3	5.50	0.550	0.144	3.472
	4	8.25	0.825	0.165	2.648
PGA-SLV	Ribaltamento delle elevazioni:	$a_g(SLV)$ min(C8DA.4.9; C8A.4.10)			
	4 - 3 - 2 - 1	0.049			
	4 - 3 - 2	0.075			
	4 - 3	0.081			
	4	0.062			

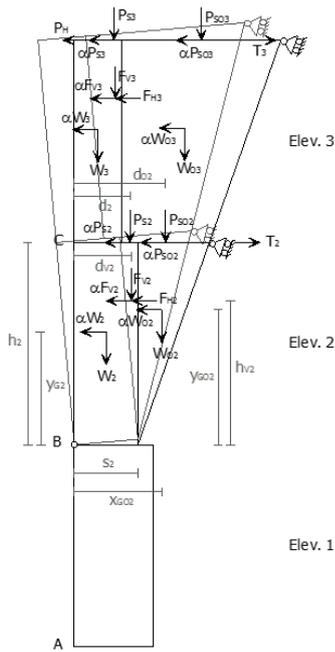
Allo stato attuale le verifiche di ribaltamento fuori dal piano della parete lato Est non sono soddisfacenti, e pertanto si rende necessaria la posa in opera di tiranti in grado di presidiare la parete, aumentando il momento stabilizzante a fronte della medesima azione ribaltante.

➤ MECCANISMO DI RIBALTAMENTO COMPOSTO DI CUNEO DIAGONALE

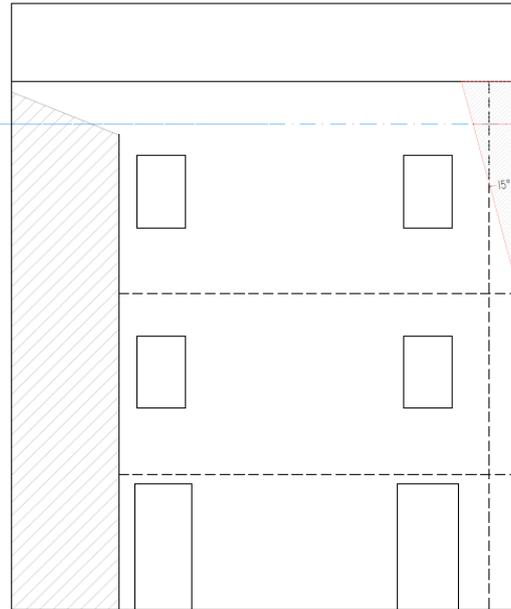
Il calcolo è condotto valutando il moltiplicatore orizzontale dei carichi a_0 di attivazione dei meccanismi locali per PARETI MONOLITICHE EFFICACEMENTE COLLEGATE ALLE PARETI DI CONTROVENTO (CARATTERIZZATE DA INTERSEZIONI MURARIE DI BUONA QUALITA') E NON VINCOLATE AGLI ORIZZONTAMENTI e delle relative PGA per le verifiche. Il ribaltamento della struttura muraria, libera in sommità, è accompagnato dal trascinarsi di porzioni cuneiformi di muratura appartenenti alle pareti ortogonali.

Nel caso in esame la parete a più piani è stata studiata considerando la possibilità che il ribaltamento della stessa potesse avvenire per differenti posizioni della cerniera cilindrica e a differenti quote, interessando di volta in volta *i soli piani coinvolti nel cinematismo*; la porzione cuneiforme di muratura partecipante al meccanismo di ribaltamento è stata inoltre valutata variando l'angolo di ribaltamento tra i 15° e i 30°.

Sotto queste ipotesi si riporta il cinematismo più grave riscontrato, ovvero quello che impone il minore moltiplicatore orizzontale dei carichi a_0 di attivazione dei meccanismi locali:



Schema di calcolo



Porzione cuneiforme sul lato Sud interessata dal meccanismo di ribaltamento della parete lato Est, per un angolo di ribaltamento di 15° (condizione più gravosa)

CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DEI MACROELEMENTI									
Elevazione	Spessore della parete al piano i-esimo S_i [m]	Altezza di interpiano al piano i-esimo h_i [m]	Braccio orizzontale del carico del solaio al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_i [m]	Braccio orizzontale dell'azione di archi o volte al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_{vi} [m]	Quota del baricentro della parete al piano i-esimo Y_{Gi} [m]	Quota del punto di applicazione di azioni trasmesse da archi o volte al piano i-esimo h_{vi} [m]	Distanza orizzontale del baricentro del cuneo di controvento al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica X_{GOi} [m]	Quota del baricentro del cuneo di controvento al piano i-esimo Y_{GOi} [m]	Braccio orizzontale del carico del solaio sul cuneo di controvento al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_{Oj} [m]
1	0.50	2.75	0.37		1.38		0.17	1.89	0.30
2	0.40	1.53	0.27		0.87		0.35	0.37	0.40
3									
4									

AZIONI SUI MACROELEMENTI									Arretramento della cerniera attorno alla quale avviene il ribaltamento rispetto al lembo esterno della parete [m]
Elevazione	Peso proprio della parete al piano i-esimo W_i [kN]	Peso proprio del cuneo di controvento al piano i-esimo W_{Oj} [kN]	Carico trasmesso dal solaio al piano i-esimo P_{Si} [kN]	Carico trasmesso dal solaio sul cuneo di controvento al piano i-esimo P_{SOi} [kN]	Spinta statica della copertura P_{Hi} [kN]	Componente verticale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{Vi} [kN]	Componente orizzontale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{Hi} [kN]	Azione del tirante al piano i-esimo T_i [kN]	
1	165.8	9.6	54.3	3.2					0.03
2	103.0	4.4	36.2	1.1					
3									
4									

MOMENTO DELLE AZIONI STABILIZZANTI						
Ribaltamento delle elevazioni:	Peso proprio delle pareti [kNm]	Peso proprio del cuneo di controvento [kNm]	Carico dei solai [kNm]	Carico dei solai sui cunei di controvento [kNm]	Azione di archi o volte [kNm]	Azione dei tiranti [kNm]
2 - 1	54.0	2.7	27.2	1.3	0.0	0.0

MOMENTO DELLE AZIONI RIBALTANTI							
Ribaltamento delle elevazioni:	Inerzia delle pareti [kNm]	Inerzia dei cunei di controvento [kNm]	Inerzia dei solai [kNm]	Inerzia dei solai sui cunei di controvento [kNm]	Inerzia di archi o volte [kNm]	Spinta statica di archi o volte [kNm]	Spinta statica della copertura [kNm]
2 - 1	601.7	31.8	304.1	13.6	0.0	0.0	0.0

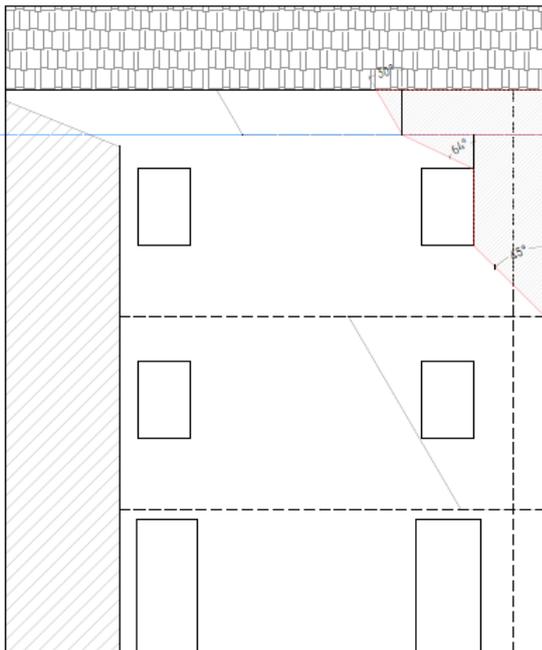
MULTIPLICATORE α_0						
Ribaltamento delle elevazioni:	Valore di α_0	Fattore di Confidenza FC	Massa partecipante M^*	Frazione massa partecipante e^*	Accelerazione spettrale a_0^* [m/sec ²]	
2 - 1	0.090	1.35	32.251	0.838	0.776	

**CALCOLO DELLE PGA PER LA VERIFICA DELLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA
CIRCOLARE N. 617 DEL 02-02-2009 - ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NTC 14-01-2008**

PARAMETRI DI CALCOLO	Fattore di struttura q		2.00	
	Coefficiente di amplificazione topografica S_T		1.00	
	Categoria suolo di fondazione		D	
	Accelerazione orizzontale massima $a_g(P_{VR})$ [g]		0.153	
	Fattore di amplificazione massima dello spettro F_D		2.426	
	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro T_C^* [sec]		0.334	
	Fattore di smorzamento η		1.000	
	Quota di base del macroelemento rispetto alla fondazione [m]		5.400	
	Altezza della struttura H [m]		10.30	
	Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S		1.800	
	Coefficiente C_C		2.163	
	Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione S		1.800	
	Numero di piani dell'edificio N		4	
	Coefficiente di partecipazione modale γ		1.333	
	Primo periodo di vibrazione dell'intera struttura T_1 [sec]		0.287	
Ribaltamento delle elevazioni:	Baricentro delle linee di vincolo Z [m]	$\psi(Z) = Z/H$	$a_g(SLV)$ (C8A.4.9)	$S_g(T_1)$ (C8A.4.10)
2 - 1	5.40	0.524	0.088	2.222

PGA-SLV	Ribaltamento delle elevazioni:	$a_g(SLV)$ min(C8A.4.9; C8A.4.10)
	2 - 1	0.052

Oltre al meccanismo di ribaltamento indicato, si sono valutati anche i cinematismi maggiormente aderenti alla realtà conformemente alla posizione delle finestre sulla porzione cuneiforme della parete di controventamento: si riporta nel seguito il meccanismo che ha individuato il moltiplicatore minore.



CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DEI MACROELEMENTI									
Elevazione	Spessore della parete al piano i-esimo S_i [m]	Altezza di interpiano al piano i-esimo h_i [m]	Braccio orizzontale del carico del solaio al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_i [m]	Braccio orizzontale dell'azione di archi o volte al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_{Vi} [m]	Quota del baricentro della parete al piano i-esimo Y_{Gi} [m]	Quota del punto di applicazione di azioni trasmesse da archi o volte al piano i-esimo h_{Vi} [m]	Distanza orizzontale del baricentro del cuneo di controvento al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica X_{GOi} [m]	Quota del baricentro del cuneo di controvento al piano i-esimo Y_{GOi} [m]	Braccio orizzontale del carico del solaio sul cuneo di controvento al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_{Oj} [m]
1									
2									
3	0.50	2.75	0.37		1.38		0.52	1.77	1.04
4	0.40	1.53	0.27		0.87		1.14	0.36	1.23
AZIONI SUI MACROELEMENTI									
Elevazione	Peso proprio della parete al piano i-esimo W_i [kN]	Peso proprio del cuneo di controvento al piano i-esimo W_{Oj} [kN]	Carico trasmesso dal solaio al piano i-esimo P_{Si} [kN]	Carico trasmesso dal solaio sul cuneo di controvento al piano i-esimo P_{SOj} [kN]	Spinta statica della copertura P_H [kN]	Componente verticale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{Vi} [kN]	Componente orizzontale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{Hi} [kN]	Azione del tirante al piano i-esimo T_i [kN]	Arretramento della cerniera attorno alla quale avviene il ribaltamento rispetto al lembo esterno della parete [m]
1									
2									
3	165.8	25.2	54.3	4.0					0.03
4	103.0	12.3	36.2	3.1					

MOMENTO DELLE AZIONI STABILIZZANTI							
Ribaltamento delle elevazioni:	Peso proprio delle pareti [kNm]	Peso proprio del cuneo di controvento [kNm]	Carico dei solai [kNm]	Carico dei solai sui cunei di controvento [kNm]	Azione di archi o volte [kNm]	Azione dei tiranti [kNm]	
4 - 3	54.0	26.0	27.2	7.7	0.0	0.0	
MOMENTO DELLE AZIONI RIBALTANTI							
Ribaltamento delle elevazioni:	Inerzia delle pareti [kNm]	Inerzia dei cunei di controvento [kNm]	Inerzia dei solai [kNm]	Inerzia dei solai sui cunei di controvento [kNm]	Inerzia di archi o volte [kNm]	Spinta statica di archi o volte [kNm]	Spinta statica della copertura [kNm]
4 - 3	601.7	82.9	304.1	24.2	0.0	0.0	0.0
MULTIPLICATORE α_0	Ribaltamento delle elevazioni:	Valore di α_0	Fattore di Confidenza FC	Massa partecipante M^*	Frazione massa partecipante e^*	Accelerazione spettrale a_0^* [m/sec ²]	
4 - 3		0.113	1.35	34.597	0.840	0.981	

CALCOLO DELLE PGA PER LA VERIFICA DELLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA CIRCOLARE N. 617 DEL 02-02-2009 - ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NTC 14-01-2008					
PARAMETRI DI CALCOLO	Fattore di struttura q	2.00			
	Coefficiente di amplificazione topografica S_T	1.00			
	Categoria suolo di fondazione	D			
	Accelerazione orizzontale massima $a_g(P_{Vie})$ [g]	0.153			
	Fattore di amplificazione massima dello spettro F_0	2.426			
	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro T_C^* [sec]	0.334			
	Fattore di smorzamento η	1.000			
	Quota di base del macroelemento rispetto alla fondazione [m]	5.400			
	Altezza della struttura H [m]	10.30			
	Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S	1.800			
	Coefficiente C_C	2.163			
	Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione S	1.800			
	Numero di piani dell'edificio N	4			
	Coefficiente di partecipazione modale γ	1.333			
	Primo periodo di vibrazione dell'intera struttura T_1 [sec]	0.287			
PARAMETRI DI CALCOLO	Ribaltamento delle elevazioni:	Baricentro delle linee di vincolo Z [m]	$\psi(Z) = Z/H$	$a_{g(SLV)}$ (C8A.4.9)	$S_a(T_1)$ (C8A.4.10)
	4 - 3	5.40	0.524	0.111	2.807
PGA-SLV	Ribaltamento delle elevazioni:	$a_{g(SLV)}$ min(C8A.4.9; C8A.4.10)			
4 - 3		0.066			

Anche in questo caso, allo stato attuale le verifiche di ribaltamento fuori dal piano della parete lato Est non sono soddisfacenti, e pertanto si rende necessaria la posa in opera di tiranti in grado di presidiare la parete, aumentando il momento stabilizzante a fronte della medesima azione ribaltante.

➤ **MECCANISMO DI SFONDAMENTO DELLA PARETE DEL TIMPANO**

Il calcolo è condotto valutando il moltiplicatore orizzontale dei carichi α_0 di attivazione dei meccanismi locali di TIMPANI SOLLECITATI DA AZIONI FUORI DAL PIANO (IN PARTICOLARE IN PRESENZA DI TRAVI DI COLMO DI NOTEVOLI DIMENSIONI), COSTITUITI DA STRUTTURE MURARIE NON ADEGUATAMENTE COLLEGATE ALLA COPERTURA e delle relative PGA per le verifiche. Si considera allora il cinematismo di macro-elementi cuneiformi simmetrici rispetto alla verticale passante per il colmo e quindi caratterizzati da grandezze geometriche e di carico simmetriche e definite in maniera unitaria per entrambi i corpi, riferendole genericamente all'i-esimo di essi.

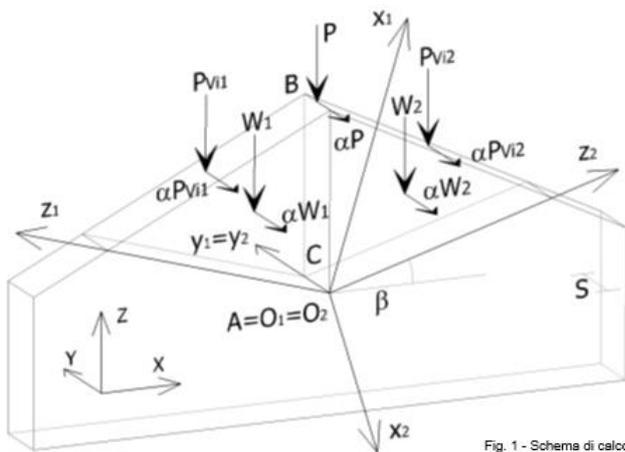
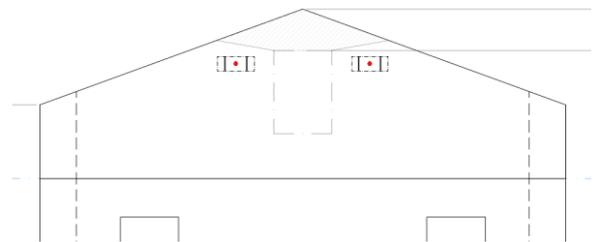


Fig. 1 - Schema di calcolo



Schema di calcolo sulla parete Est

La rottura più probabile per martellamento del colmo sulla parete si potrebbe verificare secondo un'inclinazione delle sezioni di frattura rispetto all'orizzontale di 10° nella parte alta del timpano, laddove la sezione resistente, per via della presenza della finestra, si assottiglia.

Pertanto, considerando che la trave di colmo si appoggia sulla parete del timpano lato Est per uno spessore di almeno 15 cm e dunque prevedendo un arretramento del punto di applicazione dell'azione trasmessa dalla trave di colmo rispetto alla superficie esterna del timpano (di spessore 40 cm) pari a 0,28:

CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DELLA PARETE							
Spessore della parete S [m]	Inclinazione delle sezioni di frattura rispetto all'orizzontale β [°]	Arretramento del punto di applicazione dell'azione trasmessa dalla trave di colmo rispetto alla superficie esterna del timpano d_p [m]	Arretramento dei punti di applicazione dei carichi verticali in testa al corpo i-esimo rispetto alla superficie esterna del timpano d_{ij} [m]	Distanza del baricentro del corpo i-esimo dall'origine, misurata con riferimento all'asse locale x_i X_{Gi} [m]	Distanza del punto di colmo della parete dall'origine, misurata con riferimento all'asse locale x_i X_p [m]	Distanza del punto di applicazione dell'i-esimo carico verticale in testa al corpo 1 dall'origine, misurata con riferimento all'asse locale x_1 X_{Pv11} [m]	Distanza del punto di applicazione dell'i-esimo carico verticale in testa al corpo 2 dall'origine, misurata con riferimento all'asse locale x_2 X_{Pv12} [m]
0.40	10	0.28		0.20	0.56	0.00	0.00
						0.00	0.00
						0.00	0.00

COORDINATE DEI PUNTI DI APPLICAZIONE DELLE AZIONI SUI MACROELEMENTI NEL PIANO DELLA PARETE								
Distanza orizzontale e verticale del baricentro del corpo i-esimo rispetto al vertice A del cuneo [m]	Distanza verticale del punto di colmo della parete rispetto al vertice A del cuneo [m]	Distanza orizzontale e verticale del punto d'applicazione del carico verticale 1 in testa al corpo 1 rispetto al vertice A del cuneo [m]	Distanza orizzontale e verticale del punto d'applicazione del carico verticale 2 in testa al corpo 1 rispetto al vertice A del cuneo [m]	Distanza orizzontale e verticale del punto d'applicazione del carico verticale 3 in testa al corpo 1 rispetto al vertice A del cuneo [m]	Distanza orizzontale e verticale del punto d'applicazione del carico verticale 1 in testa al corpo 2 rispetto al vertice A del cuneo [m]	Distanza orizzontale e verticale del punto d'applicazione del carico verticale 2 in testa al corpo 2 rispetto al vertice A del cuneo [m]	Distanza orizzontale e verticale del punto d'applicazione del carico verticale 3 in testa al corpo 2 rispetto al vertice A del cuneo [m]	Coordinate nel sistema di riferimento globale (X-Z)
0.00	0.57							X
0.20								Z

AZIONI SULLA PARETE				Arretramento del punto di contatto tra i cunei (cerniera C) rispetto alla superficie esterna del timpano a [m]
Peso proprio del corpo i-esimo W_i [kN]	Carico trasmesso dalla trave di colmo P [kN]	Carico verticale i-esimo trasmesso in testa al corpo 1 P_{Vi1} [kN]	Carico verticale i-esimo trasmesso in testa al corpo 2 P_{Vi2} [kN]	
5.2	16.3			0.05

DATI DI CALCOLO	Numeratore di α_0	Denominatore di α_0			
		6.570	11.179		

MULTIPLICATORE α_0	Valore di α_0	Fattore di Confidenza FC	Massa partecipante M^*	Frazione massa partecipante e^*	Accelerazione spettrale a_0^* [m/sec ²]
	0.588	1.35	2.303	1.053	4.057

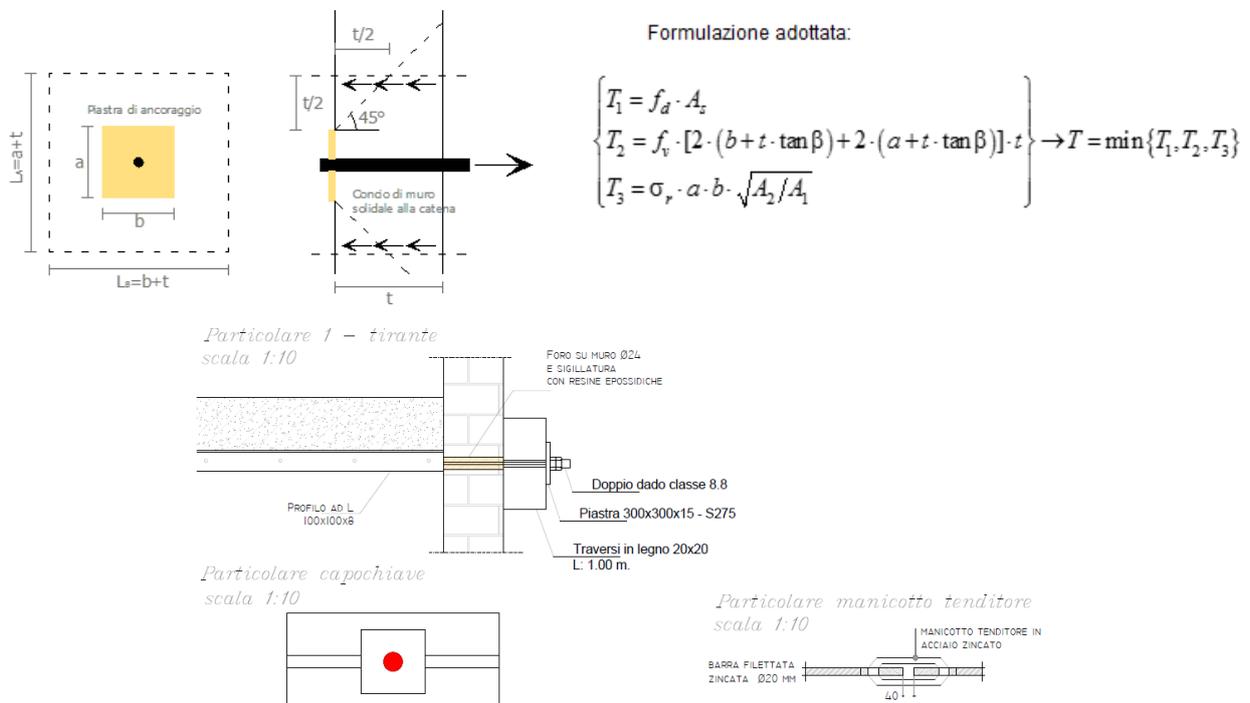
CALCOLO DELLE PGA PER LA VERIFICA DELLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA CIRCOLARE N. 617 DEL 02-02-2009 - ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NTC 14-01-2008				
PARAMETRI DI CALCOLO	Fattore di struttura q		2.00	
	Coefficiente di amplificazione topografica S_T		1.00	
	Categoria suolo di fondazione		D	
	Accelerazione orizzontale massima $a_g(P_{Vik})$ [g]		0.153	
	Fattore di amplificazione massima dello spettro F_O		2.426	
	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro T_C^* [sec]		0.334	
	Fattore di smorzamento η		1.000	
	Quota di base del macroelemento rispetto alla fondazione [m]		9.850	
	Altezza della struttura H [m]		10.30	
	Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S		1.800	
	Coefficiente C_C		2.163	
	Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione S		1.800	
	Numero di piani dell'edificio N		3	
	Coefficiente di partecipazione modale γ		1.286	
	Primo periodo di vibrazione dell'intera struttura T_1 [sec]		0.287	
	Baricentro delle linee di vincolo Z [m]	$\psi(Z) = Z/H$	$a_g(SLV)$ (C8A.4.9)	$S_e(T_1)$ (C8A.4.10)
	9.850	0.956	0.460	6.599
PGA-SLV	$a_g(SLV)$ min(C8A.4.9; C8A.4.10)			
	0.154			

▪ **Stato di progetto**

In considerazione dei cinematismi allo stato ante-operam sopra riportati, si considerano le azioni stabilizzanti dei tiranti, considerando il massimo tiro esplicabile dalla catena in relazione al tipo di muratura presente in sito e al suo spessore: per tale ragione, *ai piani secondo e terzo*, poiché i tiranti si ancorano su di una muratura in mattoni pieni a più teste per uno spessore non inferiore a 24 cm, si stabilisce un tiro della singola catena pari a

DETERMINAZIONE DEL TIRO DELLA CATENA		
CARETTISTICHE GEOMETRICHE	Area della sezione trasversale del tirante A_S [mm ²]	314.0
	Altezza della piastra di ancoraggio del tirante a [cm]	30.0
	Larghezza della piastra di ancoraggio del tirante b [cm]	50.0
	Spessore della parete su cui è ancorato il tirante t [cm]	24.0
	Angolo di attrito della muratura β [°]	38.0
	Area della zona di contatto della muratura con la piastra di ancoraggio del tirante A_1 [cm ²]	1500.0
	Distanza del bordo della piastra dal più prossimo lato libero della parete su cui è ancorata [m]	0.0
	Area di ripartizione delle azioni di compressione A_2 [cm ²]	1500.0
	$\sqrt{A_2/A_1} \leq 2$	1.0
PARAMETRI MECCANICI	Percentuale del contributo del taglio sulle facce laterali per il calcolo di T_2 [%]	0.0%
	Fattore di confidenza F_C	1.35
	Coefficiente parziale di sicurezza sulla resistenza a compressione della muratura γ_M	2.00
	Resistenza di calcolo dei tiranti $f_{d,S}$ [N/mm ²]	275.00
	Resistenza media a compressione della muratura f_m [N/cm ²]	240.00
	Resistenza media a taglio della muratura τ_0 [N/cm ²]	6.00
TIRO DELLA CATENA	Tensione di calcolo a compressione della muratura $f_{d,M}$ [N/cm ²]	88.89
	Resistenza di calcolo a taglio della muratura $f_{v,d,M}$ [N/cm ²]	2.22
	Resistenza dei tiranti allo sneravamento T_1 [kN]	86.4
	Resistenza al punzonamento della muratura nelle zone di ancoraggio T_2 [kN]	7.3
	Resistenza alla pressione di contatto sulla muratura T_3 [kN]	133.3
Massimo tiro esplicabile dalla catena T [kN]	7.3	

Tiro esplicato su 2 traversi in legno 15x15 e piastra in acciaio 200x200x10



Si mettono in opera, per il secondo e il terzo piano, quattro tiranti Ø20, per un tiro complessivo di:
 $\Sigma T = 2 \times T_1 + 2 \times T_2 = 2 \times 5.2 + 2 \times 7.3 = 25.00 \text{ kN}$

NOTA: a vantaggio di sicurezza il tiro massimo ricavato è stato ulteriormente diminuito

Al piano sottotetto, per poter esplicitare un tiro minimo di 23.00 kN, essendo la parete su cui si ancorano i tiranti di spessore 12 cm (una testa di mattoni pieni), si utilizzano 2 traversi in legno 20x20 per ripartizione del carico, con lunghezza complessiva di 2.85 m. Il tiro calcolato tenendo conto di un'area di influenza di dimensioni 40x50:

DETERMINAZIONE DEL TIRO DELLA CATENA		
CARETTISTICHE GEOMETRICHE	Area della sezione trasversale del tirante A_S [mm ²]	314.0
	Altezza della piastra di ancoraggio del tirante a [cm]	40.0
	Larghezza della piastra di ancoraggio del tirante b [cm]	50.0
	Spessore della parete su cui è ancorato il tirante t [cm]	24.0
	Angolo di attrito della muratura β [°]	38.0
	Area della zona di contatto della muratura con la piastra di ancoraggio del tirante A_1 [cm ²]	2000.0
	Distanza del bordo della piastra dal più prossimo lato libero della parete su cui è ancorata [m]	0.0
	Area di ripartizione delle azioni di compressione A_2 [cm ²]	2000.0
	$\sqrt{(A_2/A_1)} \leq 2$	1.0
	Percentuale del contributo del taglio sulle facce laterali per il calcolo di T_2 [%]	0.0%
PARAMETRI MECCANICI	Fattore di confidenza F_C	1.35
	Coefficiente parziale di sicurezza sulla resistenza a compressione della muratura γ_M	2.00
	Resistenza di calcolo dei tiranti $f_{d,S}$ [N/mm ²]	275.00
	Resistenza media a compressione della muratura f_m [N/cm ²]	240.00
	Resistenza media a taglio della muratura τ_0 [N/cm ²]	6.00
	Tensione di calcolo a compressione della muratura $f_{d,M}$ [N/cm ²]	88.89
	Resistenza di calcolo a taglio della muratura $f_{v,d,M}$ [N/cm ²]	2.22
TIRO DELLA CATENA	Resistenza dei tiranti allo sneravamento T_1 [kN]	86.4
	Resistenza al punzonamento della muratura nelle zone di ancoraggio T_2 [kN]	7.3
	Resistenza alla pressione di contatto sulla muratura T_3 [kN]	177.8
	Massimo tiro esplicitabile dalla catena T [kN]	7.3

Internamente, si mettono in opera, al piano sottotetto, quattro tiranti Ø20, per un tiro complessivo di:

$$\Sigma T = 4 \times T_1 = 4 \times 5.8 = 23.20 \text{ kN}$$

NOTA: a vantaggio di sicurezza il tiro massimo ricavato è stato ulteriormente diminuito

➤ **MECCANISMO DI RIBALTAMENTO SEMPLICE DI PARETE MONOLITICA (post-operam)**

Elevazione	GEOMETRIA DELLA FACCIATA (*)					Peso specifico della muratura γ_i [kN/m ³]	Arretramento della cerniera attorno alla quale avviene il ribaltamento rispetto al lembo esterno della parete [m]
	Altezza delle fasce murarie		Larghezza delle fasce murarie				
	Quota del sottofinestra [m]	Quota del soprafinestra [m]	Larghezza della fascia sottofinestra al netto delle aperture [m]	Larghezza della fascia intermedia al netto delle aperture [m]	Larghezza della fascia soprafinestra al netto delle aperture [m]		
1	0.90	0.90	6.70	5.10	6.70	18.0	0.10
2	0.90	0.90	6.70	5.10	6.70	18.0	0.10
3	0.90	0.90	6.70	5.10	6.70	18.0	0.05
4							0.05
CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DEI MACROELEMENTI							
Elevazione	Spessore della parete al piano i-esimo S_i [m]	Altezza di interpiano al piano i-esimo h_i [m]	Braccio orizzontale del carico del solaio al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_i [m]	Braccio orizzontale dell'azione di archi o volte al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_{v_i} [m]	Quota del punto di applicazione di azioni trasmesse da archi o volte al piano i-esimo h_{v_i} [m]	Quota del baricentro della parete al piano i-esimo Y_{G_i} [m]	Quota del baricentro della parete al piano i-esimo (**) Y_{G_i} [m]
1	0.50	2.75	0.34			1.38	
2	0.50	2.75	0.34			1.38	
3	0.50	2.75	0.39			1.38	
4	0.40	2.35	0.39			0.00	0.87
AZIONI SUI MACROELEMENTI							
Elevazione	Peso proprio della parete al piano i-esimo W_i [kN]	Peso proprio della parete al piano i-esimo (**) W_i [kN]	Carico trasmesso dal solaio al piano i-esimo P_{S_i} [kN]	Spinta statica della copertura P_H [kN]	Componente verticale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{v_i} [kN]	Componente orizzontale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{H_i} [kN]	Azione del tirante al piano i-esimo T_i [kN]
1	165.8		54.3				
2	165.8		54.3				25.0
3	165.8		54.3				25.0
4	0.0	103.0	36.2				23.8

		MOMENTO DELLE AZIONI STABILIZZANTI					
		Ribaltamento delle elevazioni:	Peso proprio delle pareti [kNm]	Carico dei solai [kNm]	Azione di archi o volte [kNm]	Azione dei tiranti [kNm]	
DATI DI CALCOLO	4 - 3 - 2 - 1	98.4	56.8	0.0	596.0		
	4 - 3 - 2	73.5	43.8	0.0	393.1		
	4 - 3	48.6	30.8	0.0	190.1		
	4	15.4	12.3	0.0	55.9		
	MOMENTO DELLE AZIONI RIBALTANTI						
		Ribaltamento delle elevazioni:	Inerzia delle pareti [kNm]	Inerzia dei solai [kNm]	Inerzia di archi o volte [kNm]	Spinta statica di archi o volte [kNm]	Spinta statica della copertura [kNm]
DATI DI CALCOLO	4 - 3 - 2 - 1	2052.1	1279.0	0.0	0.0	0.0	
	4 - 3 - 2	912.0	731.7	0.0	0.0	0.0	
	4 - 3	228.0	333.8	0.0	0.0	0.0	
	4	90.1	85.0	0.0	0.0	0.0	
			Ribaltamento delle elevazioni:	Valore di α_0	Fattore di Confidenza FC	Massa partecipante M^*	Frazione massa partecipante e^*
MULTIPLICATORE α_0	4 - 3 - 2 - 1	0.226	1.35	63.328	0.777	2.109	
	4 - 3 - 2	0.310		46.490	0.787	2.866	
	4 - 3	0.480		29.530	0.806	4.323	
	4	0.478		11.218	0.791	4.391	

CALCOLO DELLE PGA PER LA VERIFICA DELLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA CIRCOLARE N. 617 DEL 02-02-2009 - ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NTC 14-01-2008						
PARAMETRI DI CALCOLO	Fattore di struttura q	2.00				
	Coefficiente di amplificazione topografica S_T	1.00				
	Categoria suolo di fondazione	D				
	Accelerazione orizzontale massima $a_g(P_{Vs})$ [g]	0.153				
	Fattore di amplificazione massima dello spettro F_0	2.426				
	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro T_C^* [sec]	0.334				
	Fattore di smorzamento η	1.000				
	Altezza della struttura H [m]	10.30				
	Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S	1.800				
	Coefficiente C_C	2.163				
	Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione S	1.800				
	Numero di piani dell'edificio N	4				
	Coefficiente di partecipazione modale γ	1.333				
Primo periodo di vibrazione dell'intera struttura T_1 [sec]	0.287					
		Ribaltamento delle elevazioni:	Baricentro delle linee di vincolo Z [m]	$\psi(Z) = Z/H$	$a_{g(SLV)}$ (C8A.4.9)	$S_g(T_1)$ (C8A.4.10)
PARAMETRI DI CALCOLO	4 - 3 - 2 - 1				0.239	
	4 - 3 - 2	2.75	0.267	0.325	16.101	
	4 - 3	5.50	0.534	0.490	12.144	
	4	8.25	0.801	0.497	8.224	
		Ribaltamento delle elevazioni:	$a_{g(SLV)}$ min(C8DA.4.9; C8A.4.10)			
PGA-SLV	4 - 3 - 2 - 1	0.239				
	4 - 3 - 2	0.325				
	4 - 3	0.283				
	4	0.192				

➤ **MECCANISMO DI RIBALTAMENTO COMPOSTO DI CUNEO DIAGONALE (post-operam)**

CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DEI MACROELEMENTI										
Elevazione	Spessore della parete al piano i-esimo S_i [m]	Altezza di interpiano al piano i-esimo h_i [m]	Braccio orizzontale del carico del solaio al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_i [m]	Braccio orizzontale dell'azione di archi o volte al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_{Vi} [m]	Quota del baricentro della parete al piano i-esimo Y_{Gi} [m]	Quota del punto di applicazione di azioni trasmesse da archi o volte al piano i-esimo h_{Vi} [m]	Distanza orizzontale del baricentro del cuneo di controvento al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica X_{GOi} [m]	Quota del baricentro del cuneo di controvento al piano i-esimo Y_{GOi} [m]	Braccio orizzontale del carico del solaio sul cuneo di controvento al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_{Oi} [m]	
1	0.50	2.75	0.37		1.38		0.17	1.89	0.30	
2	0.40	1.53	0.27		0.87		0.35	0.37	0.40	
3										
4										
AZIONI SUI MACROELEMENTI									Arretramento della cerniera attorno alla quale avviene il ribaltamento rispetto al lembo esterno della parete [m]	
Elevazione	Peso proprio della parete al piano i-esimo W_i [kN]	Peso proprio del cuneo di controvento al piano i-esimo W_{O_i} [kN]	Carico trasmesso dal solaio al piano i-esimo P_{S_i} [kN]	Carico trasmesso dal solaio sul cuneo di controvento al piano i-esimo P_{SO_i} [kN]	Spinta statica della copertura P_H [kN]	Componente verticale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{V_i} [kN]	Componente orizzontale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{H_i} [kN]	Azione del tirante al piano i-esimo T_i [kN]		
1	165.8	9.6	54.3	3.2				25.0		0.03
2	103.0	4.4	36.2	1.1				23.0		
3										
4										
MOMENTO DELLE AZIONI STABILIZZANTI										
Ribaltamento delle elevazioni:	Peso proprio delle pareti [kNm]	Peso proprio del cuneo di controvento [kNm]	Carico dei solai [kNm]	Carico dei solai sui cunei di controvento [kNm]	Azione di archi o volte [kNm]	Azione dei tiranti [kNm]				
2 - 1	54.0	2.7	27.2	1.3	0.0	167.1				
MOMENTO DELLE AZIONI RIBALTANTI										
Ribaltamento delle elevazioni:	Inerzia delle pareti [kNm]	Inerzia dei cunei di controvento [kNm]	Inerzia dei solai [kNm]	Inerzia dei solai sui cunei di controvento [kNm]	Inerzia di archi o volte [kNm]	Spinta statica di archi o volte [kNm]	Spinta statica della copertura [kNm]			
2 - 1	601.7	31.8	304.1	13.6	0.0	0.0	0.0			
MOLTIPLI-CATORE α_0	Ribaltamento delle elevazioni:	Valore di α_0	Fattore di Confidenza FC	Massa partecipante M^*	Frazione massa partecipante e^*	Accelerazione spettrale a_0^* [m/sec ²]				
2 - 1		0.265	1.35	32.251	0.838	2.300				
CALCOLO DELLE PGA PER LA VERIFICA DELLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA CIRCOLARE N. 617 DEL 02-02-2009 - ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NTC 14-01-2008										
PARAMETRI DI CALCOLO	Fattore di struttura q		2.00							
	Coefficiente di amplificazione topografica S_T		1.00							
	Categoria suolo di fondazione		D							
	Accelerazione orizzontale massima $a_g(P_{V_e})$ [g]		0.153							
	Fattore di amplificazione massima dello spettro F_0		2.426							
	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro T_C^* [sec]		0.334							
	Fattore di smorzamento η		1.000							
	Quota di base del macroelemento rispetto alla fondazione [m]		5.400							
	Altezza della struttura H [m]		10.30							
	Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S		1.800							
	Coefficiente C_C		2.163							
	Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione S		1.800							
	Numero di piani dell'edificio N		4							
	Coefficiente di partecipazione modale γ		1.333							
	Primo periodo di vibrazione dell'intera struttura T_1 [sec]		0.287							
Ribaltamento delle elevazioni:	Baricentro delle linee di vincolo Z [m]	$\psi(Z) = Z/H$	$a_g(SLV)$ (C8A.4.9)	$S_e(T_1)$ (C8A.4.10)						
2 - 1	5.40	0.524	0.260	6.580						
PGA-SLV	Ribaltamento delle elevazioni:	$a_g(SLV)$ min(C8A.4.9; C8A.4.10)								
2 - 1		0.154								

TIRANTATURA INTERNA PASSANTE (Edificio “ Fig. 8 p.lla 179”)

Il presidio della parete, atto ad evitare i meccanismi di ribaltamento fuori dal piano valutati con il free-software CINE della Reluis, è affidato sia ad un sistema di tirantatura interna con tiranti Ø20, sia, non potendo intervenire direttamente sulla copertura per ridurre le vulnerabilità presenti, attraverso profili in acciaio in grado di resistere all'azione spingente della trave di colmo sul timpano al lato Nord. Nel dettaglio sono stati considerati i seguenti cinematismi locali di ribaltamento:

- **Ribaltamento semplice di parete monolitica (lato Nord)**
- **Meccanismi di sfondamento della parete del timpano (lato Nord)**

Nel dimensionamento delle opere provvisionali, si considerano le seguenti analisi dei carichi:

- Solaio di piano in elevazione:

$$P_s = G_1 \text{ (peso proprio solaio)} + G_2 \text{ (peso permanente)} + \psi \cdot Q \text{ (peso accidentale)} =$$

$$P_s = 2.60 \text{ kN/m}^2 + 3.00 \text{ kN/m}^2 + 0.30 \cdot 2.00 \text{ kN/m}^2 = 6.20 \text{ kN/m}^2$$

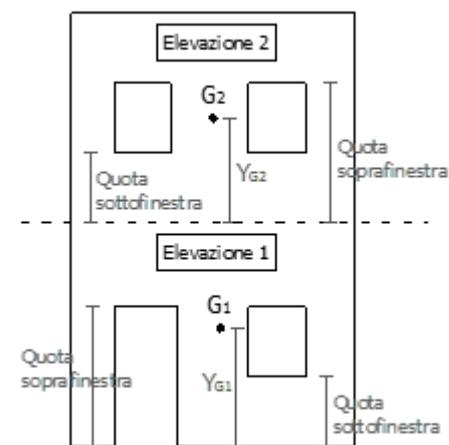
- Solaio di copertura:

$$P_s = G_1 \text{ (peso proprio solaio)} + G_2 \text{ (peso permanente)} + \psi \cdot Q \text{ (peso accidentale)} =$$

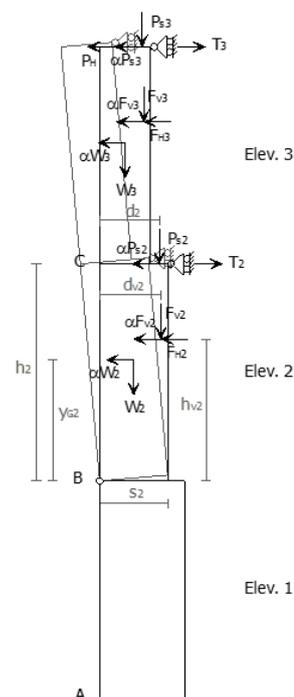
$$P_s = 2.60 \text{ kN/m}^2 + 2.50 \text{ kN/m}^2 + 0.30 \cdot 1.50 \text{ kN/m}^2 = 5.50 \text{ kN/m}^2$$

➤ MECCANISMO DI RIBALTAMENTO SEMPLICE DI PARETE MONOLITICA

Il calcolo è condotto valutando il moltiplicatore orizzontale dei carichi a_0 di attivazione dei meccanismi locali per PARETI MONOLITICHE NON VINCOLATE AGLI ORIZZONTAMENTI E NON EFFICACEMENTE COLLEGATE ALLE PARETI DI CONTROVENTO e delle relative PGA per le verifiche. Nel caso di parete a più piani l'applicazione valuta il ribaltamento della stessa per diverse posizioni della cerniera cilindrica, in corrispondenza dei vari orizzontamenti, e fornisce i valori del moltiplicatore associato a ciascuna condizione esaminata.



Rappresentazione della parete ribaltante



Schema di calcolo

▪ Stato ante-operam

DATI INIZIALI	GEOMETRIA DELLA FACCIATA (*)						Peso specifico della muratura γ_i [kN/m ³]	Arretramento della cerniera attorno alla quale avviene il ribaltamento rispetto al lembo esterno della parete [m]
	Elevazione	Altezza delle fasce murarie		Larghezza delle fasce murarie				
		Quota del sottofinestra [m]	Quota del soprafinestra [m]	Larghezza della fascia sottofinestra al netto delle aperture [m]	Larghezza della fascia intermedia al netto delle aperture [m]	Larghezza della fascia soprafinestra al netto delle aperture [m]		
		1	2	3	4	5		
	0.00	1.25	7.50	7.50	8.50	20.0	0.11	
					8.50	20.0	0.06	
						20.0	0.02	
CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DEI MACROELEMENTI								
Elevazione	Spessore della parete al piano i-esimo S_i [m]	Altezza di interpiano al piano i-esimo h_i [m]	Braccio orizzontale del carico del solaio al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_i [m]	Braccio orizzontale dell'azione di archi o volte al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_{vi} [m]	Quota del punto di applicazione di azioni trasmesse da archi o volte al piano i-esimo h_{vi} [m]	Quota del baricentro della parete al piano i-esimo Y_{Gi} [m]	Quota del baricentro della parete al piano i-esimo (**) Y_{Gi} [m]	
1	0.80	3.25	0.59			1.67		
2	0.60	3.50	0.44			1.75		
3	0.60	1.39	0.48			0.00	0.75	
4						0.00		
AZIONI SUI MACROELEMENTI								
Elevazione	Peso proprio della parete al piano i-esimo W_i [kN]	Peso proprio della parete al piano i-esimo (**) W_i [kN]	Carico trasmesso dal solaio al piano i-esimo P_{Si} [kN]	Spinta statica della copertura P_H [kN]	Componente verticale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{Vi} [kN]	Componente orizzontale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{Hi} [kN]	Azione del tirante al piano i-esimo T_i [kN]	
1	422.0		158.1					
2	357.0		158.1					
3	0.0	141.8	140.3					
4	0.0							

DATI DI CALCOLO	MOMENTO DELLE AZIONI STABILIZZANTI					
	Ribaltamento delle elevazioni:	Peso proprio delle pareti [kNm]	Carico dei solai [kNm]	Azione di archi o volte [kNm]	Azione dei tiranti [kNm]	
	3 - 2 - 1	249.2	200.9	0.0	0.0	
	3 - 2	124.8	124.2	0.0	0.0	
	3	39.5	64.3	0.0	0.0	
	-	0.0	0.0	0.0	0.0	
MOMENTO DELLE AZIONI RIBALTANTI						
Ribaltamento delle elevazioni:	Inerzia delle pareti [kNm]	Inerzia dei solai [kNm]	Inerzia di archi o volte [kNm]	Spinta statica di archi o volte [kNm]	Spinta statica della copertura [kNm]	
3 - 2 - 1	2490.8	2722.6	0.0	0.0	0.0	
3 - 2	624.8	1239.2	0.0	0.0	0.0	
3	106.4	194.9	0.0	0.0	0.0	
-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
MULTIPLICATORE α_0	Ribaltamento delle elevazioni:	Valore di α_0	Fattore di Confidenza FC	Massa partecipante M^*	Frazione massa partecipante e^*	Accelerazione spettrale a_0^* [m/sec ²]
	3 - 2 - 1	0.086	1.35	110.803	0.789	0.795
	3 - 2	0.134		69.337	0.853	1.138
	3	0.344		26.387	0.918	2.727
	-	N.C.		0.000	0.000	N.C.

CALCOLO DELLE PGA PER LA VERIFICA DELLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA CIRCOLARE N. 617 DEL 02-02-2009 - ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NTC 14-01-2008					
PARAMETRI DI CALCOLO	Fattore di struttura q		2.00		
	Coefficiente di amplificazione topografica S_T		1.00		
	Categoria suolo di fondazione		D		
	Accelerazione orizzontale massima $a_g(P_{VR})$ [g]		0.153		
	Fattore di amplificazione massima dello spettro F_O		2.426		
	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro T_C^* [sec]		0.334		
	Fattore di smorzamento η		1.000		
	Altezza della struttura H [m]		8.80		
	Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S		1.800		
	Coefficiente C_C		2.163		
	Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione S		1.800		
	Numero di piani dell'edificio N		3		
	Coefficiente di partecipazione modale γ		1.286		
	Primo periodo di vibrazione dell'intera struttura T_1 [sec]		0.255		
	Ribaltamento delle elevazioni:	Baricentro delle linee di vincolo Z [m]	$\psi(Z) = Z/H$	$a_g(SLV)$ (C8A.4.9)	$S_g(T_1)$ (C8A.4.10)
	3 - 2 - 1			0.090	
	3 - 2	3.25	0.369	0.129	4.792
	3	6.75	0.767	0.309	5.531
	-	-	-	-	-
PGA-SLV	Ribaltamento delle elevazioni:	$a_g(SLV)$ min(C8DA.4.9; C8A.4.10)			
	3 - 2 - 1	0.090			
	3 - 2	0.112			
	3	0.129			
	-	-		-	

Nel caso sopra descritto, allo stato attuale le verifiche di ribaltamento fuori dal piano della parete lato Nord non sono soddisfacenti, e pertanto si rende necessaria la posa in opera di tiranti in grado di presidiare la parete, aumentando il momento stabilizzante a fronte della medesima azione ribaltante.

➤ **MECCANISMO DI SFONDAMENTO DELLA PARETE DEL TIMPANO**

Il calcolo è condotto valutando il moltiplicatore orizzontale dei carichi α_0 di attivazione dei meccanismi locali di TIMPANI SOLLECITATI DA AZIONI FUORI DAL PIANO (IN PARTICOLARE IN PRESENZA DI TRAVI DI COLMO DI NOTEVOLI DIMENSIONI), COSTITUITI DA STRUTTURE MURARIE NON ADEGUATAMENTE COLLEGATE ALLA COPERTURA e delle relative PGA per le verifiche. Si considera allora il cinematismo di macro-elementi cuneiformi simmetrici rispetto alla verticale passante per il colmo e quindi caratterizzati da grandezze geometriche e di carico simmetriche e definite in maniera unitaria per entrambi i corpi, riferendole genericamente all'i-esimo di essi.

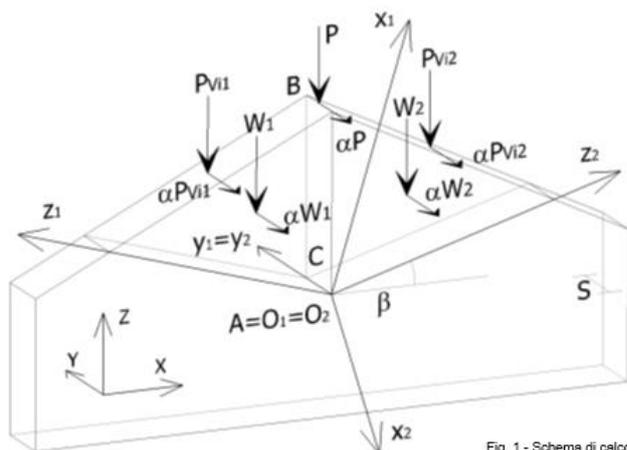
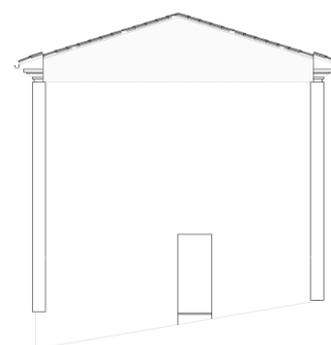


Fig. 1 - Schema di calcolo



Schema di calcolo sulla parete Nord

CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DELLA PARETE							
Spessore della parete S [m]	Inclinazione delle sezioni di frattura rispetto all'orizzontale β [°]	Arretramento del punto di applicazione dell'azione trasmessa dalla trave di colmo rispetto alla superficie esterna del timpano d_p [m]	Arretramento dei punti di applicazione dei carichi verticali in testa al corpo i-esimo rispetto alla superficie esterna del timpano d_{ij} [m]	Distanza del baricentro del corpo i-esimo dall'origine, misurata con riferimento all'asse locale x_i X_{Gi} [m]	Distanza del punto di colmo della parete dall'origine, misurata con riferimento all'asse locale x_i X_p [m]	Distanza del punto di applicazione dell'i-esimo carico verticale in testa al corpo 1 dall'origine, misurata con riferimento all'asse locale x_1 X_{PVi1} [m]	Distanza del punto di applicazione dell'i-esimo carico verticale in testa al corpo 2 dall'origine, misurata con riferimento all'asse locale x_2 X_{PVi2} [m]
0.40	10	0.25		0.46	1.38	0.00	0.00
						0.00	0.00
						0.00	0.00

COORDINATE DEI PUNTI DI APPLICAZIONE DELLE AZIONI SUI MACROELEMENTI NEL PIANO DELLA PARETE								
Distanza orizzontale e verticale del baricentro del corpo i-esimo rispetto al vertice A del cuneo [m]	Distanza verticale del punto di colmo della parete rispetto al vertice A del cuneo [m]	Distanza orizzontale e verticale del punto d'applicazione del carico verticale 1 in testa al corpo 1 rispetto al vertice A del cuneo [m]	Distanza orizzontale e verticale del punto d'applicazione del carico verticale 2 in testa al corpo 1 rispetto al vertice A del cuneo [m]	Distanza orizzontale e verticale del punto d'applicazione del carico verticale 3 in testa al corpo 1 rispetto al vertice A del cuneo [m]	Distanza orizzontale e verticale del punto d'applicazione del carico verticale 1 in testa al corpo 2 rispetto al vertice A del cuneo [m]	Distanza orizzontale e verticale del punto d'applicazione del carico verticale 2 in testa al corpo 2 rispetto al vertice A del cuneo [m]	Distanza orizzontale e verticale del punto d'applicazione del carico verticale 3 in testa al corpo 2 rispetto al vertice A del cuneo [m]	Coordinate nel sistema di riferimento globale (X-Z)
0.00	1.40							X
0.47								Z

AZIONI SULLA PARETE				Arretramento del punto di contatto tra i cunei (cerniera C) rispetto alla superficie esterna del timpano a [m]	DATI DI CALCOLO					
Peso proprio del corpo i-esimo W_i [kN]	Carico trasmesso dalla trave di colmo P [kN]	Carico verticale i-esimo trasmesso in testa al corpo 1 P_{Vi1} [kN]	Carico verticale i-esimo trasmesso in testa al corpo 2 P_{Vi2} [kN]		Numeratore di α_0	Denominatore di α_0				
46.5	58.5			0.05	32.954	123.738				
MULTIPLICATORE α_0					Valore di α_0	Fattore di Confidenza FC	Massa partecipante M^*	Frazione massa partecipante e^*	Accelerazione spettrale a_0^* [m/sec ²]	
					0.266	1.35	11.897	1.111	1.741	

CALCOLO DELLE PGA PER LA VERIFICA DELLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA CIRCOLARE N. 617 DEL 02-02-2009 - ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NTC 14-01-2008				
PARAMETRI DI CALCOLO	Fattore di struttura q		2.00	
	Coefficiente di amplificazione topografica S_T		1.00	
	Categoria suolo di fondazione		D	
	Accelerazione orizzontale massima $a_g(P_{Vn})$ [g]		0.153	
	Fattore di amplificazione massima dello spettro F_0		2.426	
	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro T_C^* [sec]		0.334	
	Fattore di smorzamento η		1.000	
	Quota di base del macroelemento rispetto alla fondazione [m]		8.300	
	Altezza della struttura H [m]		8.98	
	Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s		1.800	
	Coefficiente C_c		2.163	
	Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione S		1.800	
	Numero di piani dell'edificio N		3	
	Coefficiente di partecipazione modale γ		1.286	
	Primo periodo di vibrazione dell'intera struttura T_1 [sec]		0.259	
	Baricentro delle linee di vincolo Z [m]	$\psi(Z) = Z/H$	$a_g(SLV)$ (C8A.4.9)	$S_e(T_1)$ (C8A.4.10)
	8.300	0.924	0.197	2.931
PGA-SLV	$a_g(SLV)$ min(C8A.4.9; C8A.4.10)		0.068	

▪ **Stato di progetto**

In considerazione dei cinematismi dello stato ante-operam sopra riportati, si considerano le azioni stabilizzanti dei tiranti, considerando il massimo tiro esplicabile dalla catena in relazione al tipo di muratura presente in sito e al suo spessore:

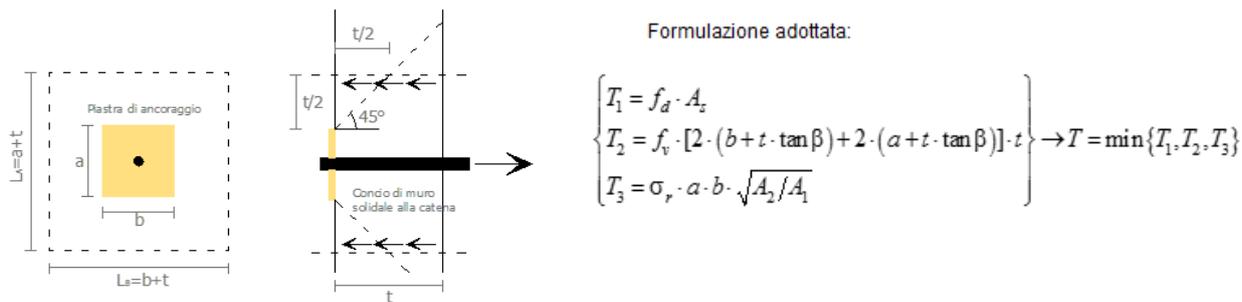
la parete interna ha uno spessore pari a più di due teste di mattoni pieni per un totale di circa 30 cm, a vantaggio di sicurezza si consideri uno spessore di circa 24 cm:

DETERMINAZIONE DEL TIRO DELLA CATENA		
CARETTERISTICHE GEOMETRICHE	Area della sezione trasversale del tirante A_S [mm ²]	314.0
	Altezza della piastra di ancoraggio del tirante a [cm]	26.0
	Larghezza della piastra di ancoraggio del tirante b [cm]	44.0
	Spessore della parete su cui è ancorato il tirante t [cm]	24.0
	Angolo di attrito della muratura β [°]	38.0
	Area della zona di contatto della muratura con la piastra di ancoraggio del tirante A_1 [cm ²]	1144.0
	Distanza del bordo della piastra dal più prossimo lato libero della parete su cui è ancorata [m]	0.0
	Area di ripartizione delle azioni di compressione A_2 [cm ²]	1144.0
	$\sqrt{A_2/A_1} \leq 2$	1.0
	Percentuale del contributo del taglio sulle facce laterali per il calcolo di T_2 [%]	0.0%
PARAMETRI MECCANICI	Fattore di confidenza F_C	1.35
	Coefficiente parziale di sicurezza sulla resistenza a compressione della muratura γ_M	2.00
	Resistenza di calcolo dei tiranti $f_{d,S}$ [N/mm ²]	275.00
	Resistenza media a compressione della muratura f_m [N/cm ²]	240.00
	Resistenza media a taglio della muratura τ_0 [N/cm ²]	6.00
	Tensione di calcolo a compressione della muratura $f_{d,M}$ [N/cm ²]	88.89
TIRO DELLA CATENA	Resistenza di calcolo a taglio della muratura $f_{v,d,M}$ [N/cm ²]	2.22
	Resistenza dei tiranti allo sneravamento T_1 [kN]	86.4
	Resistenza al punzonamento della muratura nelle zone di ancoraggio T_2 [kN]	6.7
	Resistenza alla pressione di contatto sulla muratura T_3 [kN]	101.7
	Massimo tiro esplicabile dalla catena T [kN]	6.7

Tiro esplicato su 2 traversi in legno 12x12 e ripartizione su piastra 200x200x10

DETERMINAZIONE DEL TIRO DELLA CATENA		
CARETTERISTICHE GEOMETRICHE	Area della sezione trasversale del tirante A_S [mm ²]	314.0
	Altezza della piastra di ancoraggio del tirante a [cm]	26.0
	Larghezza della piastra di ancoraggio del tirante b [cm]	64.0
	Spessore della parete su cui è ancorato il tirante t [cm]	24.0
	Angolo di attrito della muratura β [°]	38.0
	Area della zona di contatto della muratura con la piastra di ancoraggio del tirante A_1 [cm ²]	1664.0
	Distanza del bordo della piastra dal più prossimo lato libero della parete su cui è ancorata [m]	0.0
	Area di ripartizione delle azioni di compressione A_2 [cm ²]	1664.0
	$\sqrt{A_2/A_1} \leq 2$	1.0
	Percentuale del contributo del taglio sulle facce laterali per il calcolo di T_2 [%]	0.0%
PARAMETRI MECCANICI	Fattore di confidenza F_C	1.35
	Coefficiente parziale di sicurezza sulla resistenza a compressione della muratura γ_M	2.00
	Resistenza di calcolo dei tiranti $f_{d,S}$ [N/mm ²]	275.00
	Resistenza media a compressione della muratura f_m [N/cm ²]	240.00
	Resistenza media a taglio della muratura τ_0 [N/cm ²]	6.00
	Tensione di calcolo a compressione della muratura $f_{d,M}$ [N/cm ²]	88.89
TIRO DELLA CATENA	Resistenza di calcolo a taglio della muratura $f_{v,d,M}$ [N/cm ²]	2.22
	Resistenza dei tiranti allo sneravamento T_1 [kN]	86.4
	Resistenza al punzonamento della muratura nelle zone di ancoraggio T_2 [kN]	8.8
	Resistenza alla pressione di contatto sulla muratura T_3 [kN]	147.9
	Massimo tiro esplicabile dalla catena T [kN]	8.8

Tiro esplicato su 2 traversi in legno 12x12 e ripartizione su piastra 400x200x10



Si prevede di disporre tre ordini di tiranti al piano primo, cinque ordini di tiranti al piano secondo e altri tre ordini di tiranti al piano sottotetto, segue un tiro complessivo di:

$$\Sigma T = 2 \times 5 \cdot 20 = 15.60 \text{ kN al piano primo}$$

$$\Sigma T = 5 \times 5 \cdot 20 = 26.00 \text{ kN al piano secondo}$$

$$\Sigma T = 3 \times 8.4 = 25.20 \text{ kN al piano sottotetto}$$

NOTA: a vantaggio di sicurezza il tiro massimo ricavato è stato ulteriormente diminuito

➤ **MECCANISMO DI RIBALTAMENTO SEMPLICE DI PARETE MONOLITICA (post-operam)**

Elevazione	GEOMETRIA DELLA FACCIATA (*)					Peso specifico della muratura γ_i [kN/m ³]	Arretramento della cerniera attorno alla quale avviene il ribaltamento rispetto al lembo esterno della parete [m]
	Altezza delle fasce murarie		Larghezza delle fasce murarie				
	Quota del sottofinestra [m]	Quota del soprafinestra [m]	Larghezza della fascia sottofinestra al netto delle aperture [m]	Larghezza della fascia intermedia al netto delle aperture [m]	Larghezza della fascia soprafinestra al netto delle aperture [m]		
1	0.00	1.25	7.50	7.50	8.50	20.0	0.11
2					8.50	20.0	0.06
3						20.0	0.02
4							
CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DEI MACROELEMENTI							
Elevazione	Spessore della parete al piano i-esimo S_i [m]	Altezza di interpiano al piano i-esimo h_i [m]	Braccio orizzontale del carico del solaio al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_i [m]	Braccio orizzontale dell'azione di archi o volte al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_{Vi} [m]	Quota del punto di applicazione di azioni trasmesse da archi o volte al piano i-esimo h_{Vi} [m]	Quota del baricentro della parete al piano i-esimo Y_{Gi} [m]	Quota del baricentro della parete al piano i-esimo (**) Y_{Gi} [m]
1	0.80	3.25	0.59			1.67	
2	0.60	3.50	0.44			1.75	
3	0.60	1.39	0.48			0.00	0.75
4						0.00	
AZIONI SUI MACROELEMENTI							
Elevazione	Peso proprio della parete al piano i-esimo W_i [kN]	Peso proprio della parete al piano i-esimo (**) W_i [kN]	Carico trasmesso dal solaio al piano i-esimo P_{Si} [kN]	Spinta statica della copertura P_H [kN]	Componente verticale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{Vi} [kN]	Componente orizzontale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{Hi} [kN]	Azione del tirante al piano i-esimo T_i [kN]
1	422.0		158.1				15.6
2	357.0		158.1				26.0
3	0.0	141.8	140.3				25.2
4	0.0						

DATI DI CALCOLO	MOMENTO DELLE AZIONI STABILIZZANTI					
	Ribaltamento delle elevazioni:	Peso proprio delle pareti [kNm]	Carico dei solai [kNm]	Azione di archi o volte [kNm]	Azione dei tiranti [kNm]	
	3 - 2 - 1	249.2	200.9	0.0	431.3	
	3 - 2	124.8	124.2	0.0	214.2	
	3	39.5	64.3	0.0	35.0	
	-	0.0	0.0	0.0	0.0	
DATI DI CALCOLO	MOMENTO DELLE AZIONI RIBALTANTI					
	Ribaltamento delle elevazioni:	Inerzia delle pareti [kNm]	Inerzia dei solai [kNm]	Inerzia di archi o volte [kNm]	Spinta statica di archi o volte [kNm]	Spinta statica della copertura [kNm]
	3 - 2 - 1	2490.8	2722.6	0.0	0.0	0.0
	3 - 2	624.8	1239.2	0.0	0.0	0.0
	3	106.4	194.9	0.0	0.0	0.0
	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MULTIPLICATORE α_0	Ribaltamento delle elevazioni:	Valore di α_0	Fattore di Confidenza FC	Massa partecipante M^*	Frazione massa partecipante e^*	Accelerazione spettrale a_0^* [m/sec ²]
	3 - 2 - 1	0.169	1.35	110.803	0.789	1.557
	3 - 2	0.249		69.337	0.853	2.117
	3	0.461		26.387	0.918	3.648
	-	N.C.		0.000	0.000	N.C.

CALCOLO DELLE PGA PER LA VERIFICA DELLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA CIRCOLARE N. 617 DEL 02-02-2009 - ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NTC 14-01-2008

PARAMETRI DI CALCOLO	Fattore di struttura q		2.00	
	Coefficiente di amplificazione topografica S_T		1.00	
	Categoria suolo di fondazione		D	
	Accelerazione orizzontale massima $a_g(P_{VR})$ [g]		0.153	
	Fattore di amplificazione massima dello spettro F_0		2.426	
	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro T_C^* [sec]		0.334	
	Fattore di smorzamento η		1.000	
	Altezza della struttura H [m]		8.80	
	Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S		1.800	
	Coefficiente C_C		2.163	
	Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione S		1.800	
	Numero di piani dell'edificio N		3	
	Coefficiente di partecipazione modale γ		1.286	
	Primo periodo di vibrazione dell'intera struttura T_1 [sec]		0.255	
Ribaltamento delle elevazioni:	Baricentro delle linee di vincolo Z [m]	$\psi(Z) = Z/H$	$a_g(SLV)$ (C8A.4.9)	$S_e(T_1)$ (C8A.4.10)
3 - 2 - 1			0.176	
3 - 2	3.25	0.369	0.240	8.915
3	6.75	0.767	0.413	7.398
-	-	-	-	-
PGA-SLV	Ribaltamento delle elevazioni:	$a_g(SLV)$ min(C8DA.4.9; C8A.4.10)		
	3 - 2 - 1	0.176		
	3 - 2	0.208		
	3	0.173		
	-	-		

➤ *MECCANISMO DI SFONDAMENTO DELLA PARETE DEL TIMPANO*

Affinchè sia verificata la parete del timpano per martellamento della trave di colmo, occorre che, essendo $a_g = 0.153$,

$S_e(T1) = a_g \cdot \eta \cdot S \cdot F_0 = 0.153 \cdot 1 \cdot 1.80 \cdot 2.426 = 0.668$ g, con $T1 = 0.257$ (compreso tra T_b e T_c)

Da cui si ricava l'accelerazione spettrale

$$a_0^* = S_e(T1) \cdot \Psi(z) \cdot \gamma / q = 0.668 \text{ g} \cdot 0.924 \cdot 1.286 / 2 = 3.89 \text{ m/s}^2$$

segue che il moltiplicatore α_0 per verificare il cinematismo è:

$$\alpha_0 = a_0^* \cdot e^* \cdot FC / g = 3.89 \cdot 1.111 \cdot 1.35 / 9.81 = 0.594$$

dalle verifiche sul cinematismo di ribaltamento del timpano si è ricavato:

Numeratore α_0 (Momento stabilizzante) = 32.954 kNm

Denominatore α_0 (Momento ribaltante) = 123.738 kNm

In altre parole, affinché il timpano sia verificato occorre mettere in opera alcuni ordini di tiranti (nello specifico caso in questione 3):

$$\alpha_0 = (M \text{ stabilizzante } W + \text{Momento stabilizzante tiranti} + \Delta M) / (M \text{ ribaltante})$$

$$\alpha_0 = 32.954/123.738 + \text{Momento stabilizzante tiranti}/123.738 + \Delta M/123.738$$

essendo Momento stabilizzante tiranti = $3 \times 8.4 \times 0.70 = 17.64$ kNm

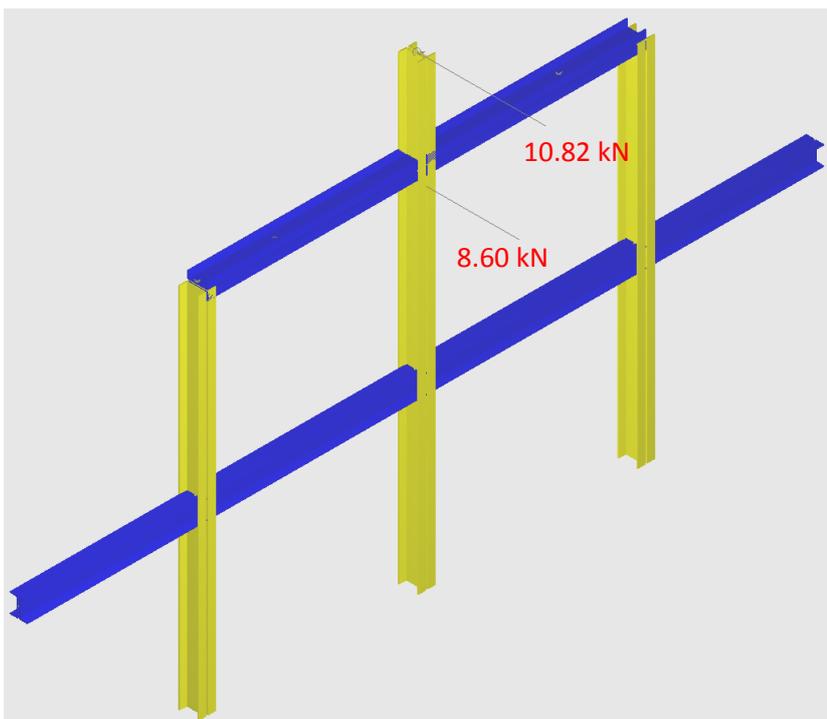
$$0.594 = 0.266 + 0.143 + \Delta M / 123.738 \rightarrow \Delta M / 123.738 = 0.185 \rightarrow \Delta M = 22.89 \text{ kNm}$$

Pertanto rimane un ulteriore moltiplicatore $\alpha_0 = 0.185$ che sarà fronteggiato con un sistema di travi e ritto in UPN 160, in grado di offrire un momento resistente aggiuntivo alla sollecitazione da martellamento che la trave di colmo impone durante un evento sismico.

Dunque le azioni sollecitanti sulla struttura sono:

$$\alpha \cdot P = 0.185 \cdot 58.5 \text{ kN} = 10.82 \text{ kN} \text{ applicata in testa al ritto UPN, in corrispondenza della trave di colmo}$$

$$\alpha \cdot W = 0.185 \cdot 46.50 \text{ kN} = 8.60 \text{ kN} \text{ applicata in corrispondenza del baricentro del timpano}$$



Schema statico dei traverzi e dei ritzi UPN 160 accoppiati

UPN
 UAP

Doppi
 Accosta ali
 d (mm) 30 ?

Ordina per
 Wy
 ly
 g

Acciaio S275 (Fe430) fy (N/mm2) 275 fu 430

Lunghezze di libera inflessione [m]
 l_{0y} 0 l_{0z} 0

designation	g (kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
UPN 80	8.6	80	45	6.00	8.00	8.00
UPN 100	10.6	100	50	6.00	8.50	8.50
UPN 120	13.4	120	55	7.00	9.00	9.00
UPN 140	16.0	140	60	7.00	10.00	10.00
UPN 160	18.8	160	65	7.50	10.50	10.50
UPN 180	22.0	180	70	8.00	11.00	11.00
UPN 200	25.2	200	75	8.50	11.50	11.50

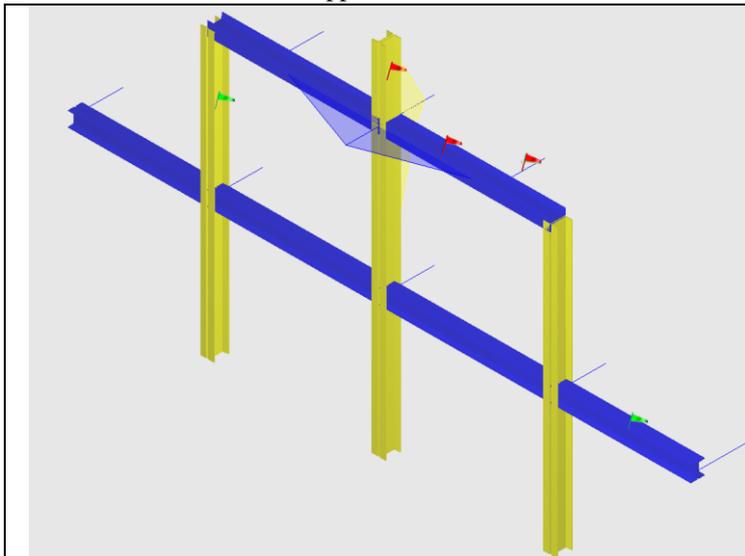
2 UPN 160

N_{by,Rd} [kN] 1,257
 N_{bz,Rd} [kN] 1,257 ?
 V_{ply,Rd} [kN] 370.2
 M_{cy,Rd} [kNm] 72.29
 M_{cz,Rd} [kNm] 41.97 ?
 V_{plz,Rd} [kN] 412.8

Classe Sezione
 Compressione 1
 Flessione My 1 ?
 Flessione Mz 1

g (Kg/m): 37.6
 h (mm): 160 r2 (cm): 5.5
 b (mm): 65 A (cm2): 48 iy (cm): 6.21 iz (cm): 3.837
 tw (mm): 7.5 ly (cm4): 1,850 lz (cm4): 706.6 IT (cm4): ?
 tf (mm): 10.5 Wy (cm3): 231.3 Wz (cm3): 88.32 lw (cm6): ?
 r1 (mm): 10.5 Wpl,y (cm3): 276 Wpl,z (cm3): 160.3

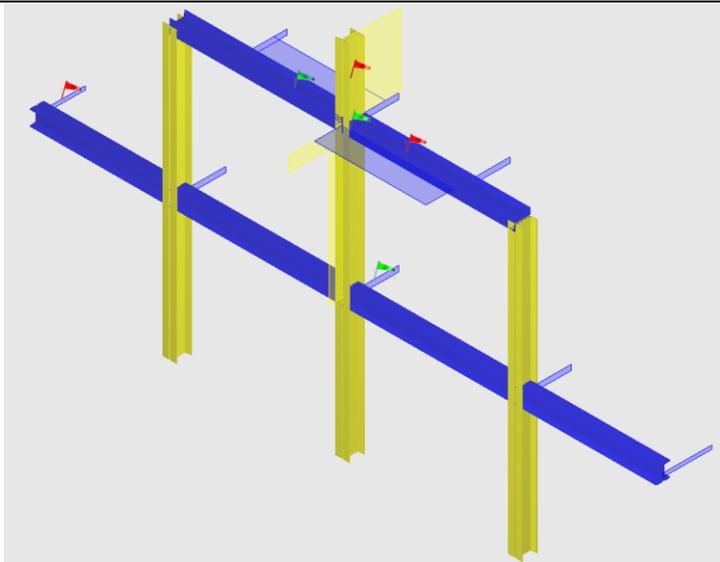
Caratteristiche meccaniche doppio UPN 160



Momento flettente

$M_{Ed} \text{ massimo} = 840.00 \text{ kgm} = 8.73 \text{ kNm}$

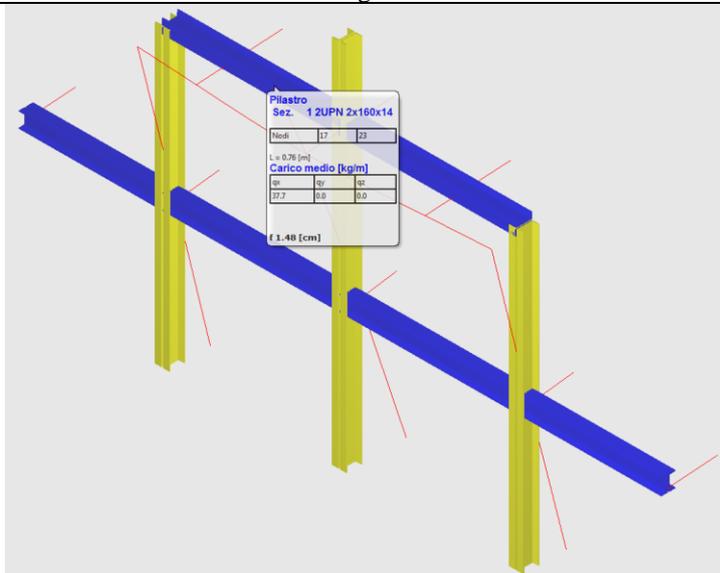
$M_{Rd} \text{ (UPN 160 accoppiato)} = 72.29 \text{ kNm}$



Taglio

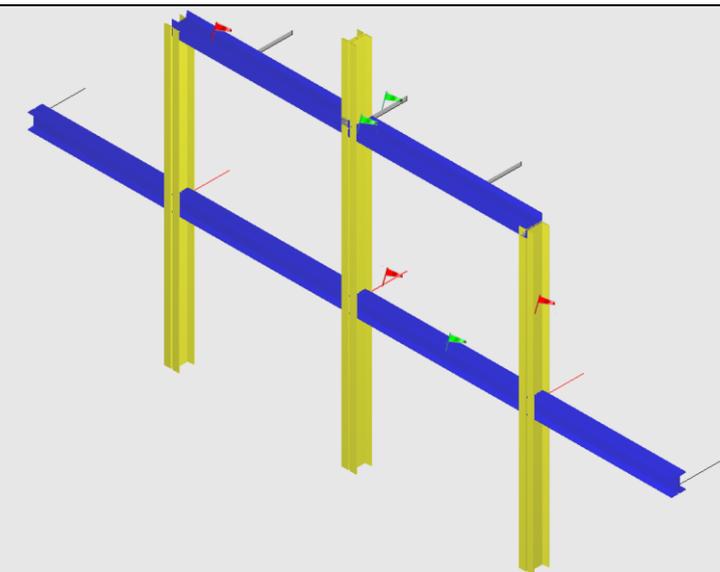
V_{Ed} massimo = 1555.0 kg = 13.04 kN

V_{Rd} (UPN 160 accoppiato) = 370.20 kN



Deformata

$\delta = 1.48$ cm



Azioni sui tiranti

I tiranti risultano sollecitati a trazione da un'azione di trazione media pari a:
 771.13 kg = 8.01 kN

PRECISAZIONI:

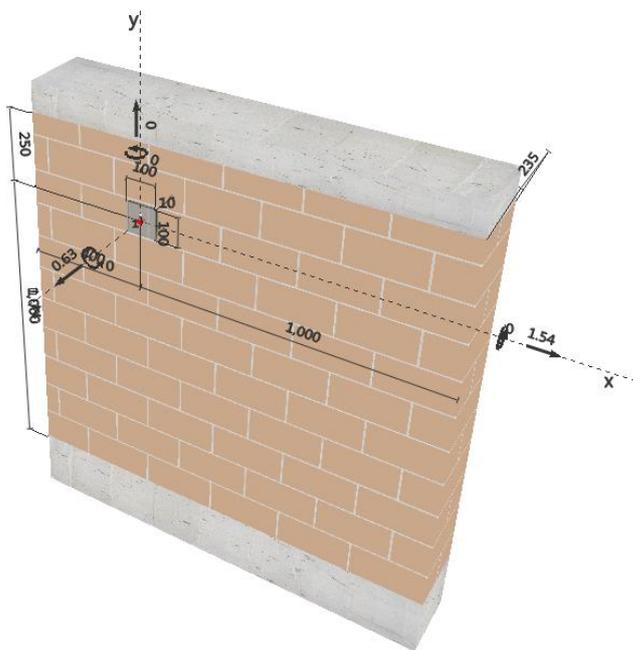
Il profilo ad L o il profilo UPN 200, rispettivamente per l'edificio individuato al catasto al Fig.8 p.la 441, sarà ancorati con barre filettate Ø16, sigillate con resine epossidica bicomponente: si stabilisce, mediante l'ausilio del programma di calcolo per gli ancoraggi Hilti, un'azione massima di taglio pari a 1.54 kN per singolo connettore.

- Edificio Fig.8 p.la 441

$T1 = 7.30 \text{ kN} \rightarrow T1 \text{ taglio massimo} = 7.30 + 7.30 = 14.60 \text{ kN}$

Ne consegue che il numero di ancoranti presenti dovrà essere al minimo pari a: $[14.60/1.54] = 10$ distribuiti su un'unica piastra di ancoraggio, conteggiati a partire da D_{min} :

$$V_t = D_{min} \cdot t \cdot f_{vd} \rightarrow D_{min} = V_t / (t \cdot f_{vd}) = 14.60 / (0.40 \cdot 0.022) = 1.75 \text{ m.}$$



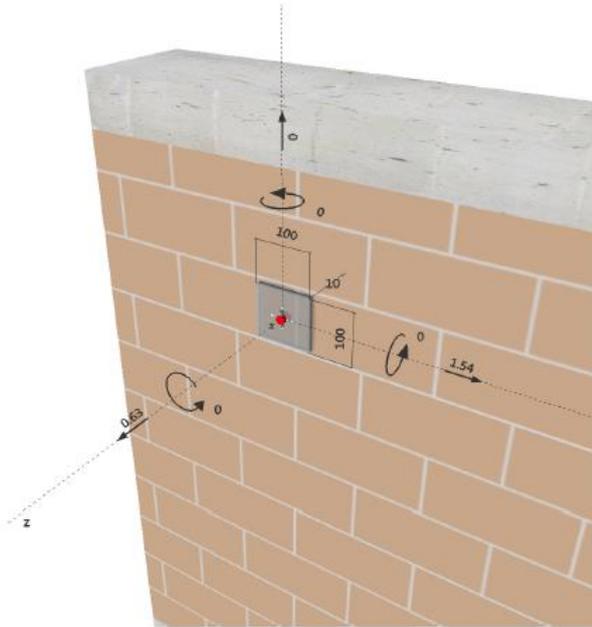
Trazione: 23 %		★
	Rottura dell'acciaio:	1 %
	Rottura del mattone	23 %
	Sfilamento:	23 %
	Sfilamento a trazione del mattone	20 %
Taglio: 97 %		★
	Rottura dell'acciaio:	4 %
	Rottura del bordo	3 %
	Rottura locale mattone	97 %
	Sfilamento a taglio di un mattone	14 %

1 Dati da inserire

Tipo e dimensione dell'ancorante:	HIT-HY 270 + HIT-V (8.8) M16, HIT-SC 22x50+ 22x85
Profondità di posa effettiva:	$h_{ef,opt} = 130 \text{ mm}$ ($h_{ef,lim} = 130 \text{ mm}$)
Materiale:	8.8
Certificazione No.:	ETA-13/1036
Emesso l Validato:	28/04/2015 28/04/2020
Prova:	metodo di calcolo ETAG 029, Annex C
Fissaggio distanziato:	$e_o = 0 \text{ mm}$ (Senza distanziamento); $t = 10 \text{ mm}$
Piastra d'ancoraggio:	$l_x \times l_y \times t = 100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$; (Spessore della piastra raccomandato: non calcolato)
Profilo:	Barra liscia; (L x W x T) = 30 mm x 5 mm x 0 mm
Materiale base:	Disposizione dei mattoni: Doppia cortina; Mattone: Mz, 2DF (mattone pieno), Argilla, L x W x H: 240 mm x 115 mm x 113 mm; $f_{b,v} = 12.00 \text{ N/mm}^2$; $E_{m,all} = 3131.77 \text{ N/mm}^2$ Resina: M2,5 - M9; Giunti verticali riempiti: Sì; verticale: 5 mm; orizzontale: 5 mm
Installazione/Usò:	Condizioni di installazione: asciutto; Condizioni d'uso: asciutto; Pulizia: aria compressa Temp. Breve/Lungo: 40/24 °C



Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]



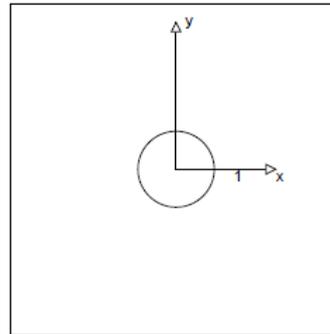
2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante

Condizione di carico: Carichi di progetto

Carichi sull'ancorante [kN]
Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	0.630	1.540	1.540	0.000

max. deformazione di compressione: - [%]
max. sforzo di compressione: - [N/mm²]
risultante delle forze di trazione nei (x/y)=(0/0): 0.630 [kN]
risultante delle forze di compressione (x/y)=(0/0): 0.000 [kN]



3 Carico di trazione (ETAG 029 Annex C C.5.2.1)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo β_w [%]	Stato
Rottura dell'acciaio*	0.630	84.000	1	OK
Rottura per sfilamento*	0.630	2.800	23	OK
Rottura del mattone**	0.630	2.800	23	OK
Sfilamento a trazione di un mattone**	0.630	3.248	20	OK

*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)

3.1 Rottura dell'acciaio

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
126.000	1.500	84.000	0.630

3.2 Rottura per sfilamento

$N_{Rk,p}$ [kN]	α_i	$\gamma_{M,m}$	$N_{Rd,p}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
7.000	1.000	2.500	2.800	0.630

3.3 Rottura del mattone

s_1 [mm]	s_2 [mm]	$s_{cr,1}$ [mm]	$s_{cr,2}$ [mm]	c [mm]	c_{cr} [mm]
0	0	240	113	400	115

$N_{Rk,b}$ [kN]	α_i	$\alpha_{2,N}$	$\gamma_{M,m}$	$N_{Rd,b}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
7.000	1.000	1.000	2.500	2.800	0.630

3.4 Sfilamento a trazione di un mattone

A_{sct}^H [mm ²]	A_{sct}^V [mm ²]	f_{vtk} [N/mm ²]	σ_d [N/mm ²]
55200	25990	0.20	0.00

$N_{Rk,db}$ [kN]	$\gamma_{M,m}$	$N_{Rd,db}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
8.119	2.500	3.248	0.630

4 Carico di taglio (ETAG 029 Annex C C.5.2.2)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo β_v [%]	Stato
Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*	1.540	50.400	4	OK
Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura locale di un mattone**	1.540	1.600	97	OK
Rottura del bordo di un mattone x+**	1.540	66.622	3	OK
Sfilamento a taglio di un mattone x+**	1.540	11.224	14	OK

*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti specifici)

4.1 Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)

$V_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$V_{Ed,s}$ [kN]	V_{Ed} [kN]
63.000	1.250	50.400	1.540

4.2 Rottura locale di un mattone

s_{\parallel} [mm]	s_{\perp} [mm]	$s_{cr,\parallel}$ [mm]	$s_{cr,\perp}$ [mm]	c [mm]	c_{cr} [mm]
0	0	240	113	400	115
$\alpha_{g,v}$	α_l	$V_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,m}$	$V_{Rd,b}$ [kN]	V_{Ed} [kN]
1.000	1.000	4.000	2.500	1.600	1.540

4.3 Rottura del bordo di un mattone x+

k	d_{nom} [mm]	h_{ef} [mm]	$f_{t,v}$ [N/mm ²]	c_1 [mm]
0.25	16	130	12.00	1000
$V_{Rk,c}$ [kN]	$\alpha_{g,v}$	$\gamma_{M,m}$	$V_{Rd,c}$ [kN]	V_{Ed} [kN]
166.554	1.000	2.500	66.622	1.540

4.4 Sfilamento a taglio di un mattone x+

A_{sc}^* [mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]	σ_d [N/mm ²]	
280600	0.20	0.00	
$V_{Rk,sp}$ [kN]	$\gamma_{M,m}$	$V_{Rd,sp}$ [kN]	V_{Ed} [kN]
28.060	2.500	11.224	1.540

5 Carichi combinati di trazione e di taglio (ETAG 029 Annex C, paragrafo C.5.2.3)

β_N	β_v	α	Utilizzo $\beta_{N,v}$ [%]	Stato
0.225	0.963	1.000	99	OK

$(\beta_N + \beta_v) / 1.2 \leq 1$

6 Attenzione

- Fenomeni di redistribuzione dei carichi sugli ancoranti derivanti da eventuali deformazioni elastiche della piastra non sono presi in considerazione. Si assume una piastra di ancoraggio sufficientemente rigida in modo che non risulti deformabile sotto l'azione di carichi!
- PROFIS considera solamente il carico locale trasferito dagli ancoranti alla parete. Ulteriori carichi non sono contemplati da PROFIS!
- Si assume una parete perfettamente verticale – effettuare un controllo(!): in caso contrario la distribuzione delle forze può essere molto diversa e gli sforzi più elevati rispetto a quelli calcolati da PROFIS.
- L'effetto dei giunti nella distribuzione dei sforzi di compressione nella piastra / mattone non è stata considerata.
- Se, durante la foratura non si percepisce alcuna resistenza del materiale (p.e. giunto non riempito) l'ancorante non dovrebbe essere installato in quella posizione a meno di un ripristino e rinforzo dell'area.
- Le note ed i commenti d'installazione in questo report servono ad informare solamente l'utente. Si raccomanda di seguire scrupolosamente le operazioni di posa illustrate nella scheda tecnica di prodotto.
- La verifica della conformità con gli standard attuali (p.e. ETAG 029) è responsabilità dell'utente.
- Il Modulo di Young della parete $E_{(Wall)}$ (senza intonaco!) è determinato in accordo a EN 1996-1-1:2012
- Il metodo di perforazione (rotopercolazione o sola rotazione) deve essere in accordo con quanto specificato nella ETA!
- La muratura deve essere costruita in modo regolare in accordo alle regole del stato dell'arte!
- NB: nell'ETA la resistenza ed i parametri sono validi solo per alcuni mattoni (forati/pieni) o per mattoni dello stesso materiale con dimensioni e resistenza alla compressione maggiori (solo per mattoni pieni), in accordo con ETAG 029.

L'ancoraggio risulta verificato!

Condizioni di installazione

- L'installazione delle piastre o dei profili ad L 100x100x8 dovrà avvenire sul muro vivo, prevedendo l'asportazione dell'intonaco

Prescrizioni per la sicurezza

- I sopralluoghi effettuati sull'edificio di proprietà privata e distinto catastalmente al Fig. 8 p.la 179, hanno messo in luce l'evidente vibrazione del solaio al semplice calpestio: in virtù del fatto che la maggior parte delle lavorazioni dovrà avvenire dall'interno dell'edificio, si consiglia di adottare dei puntelli telescopici accoppiati con travi lignee capaci di ripartire il carico e tali da irrigidire il solaio stesso, garantendo maggiore sicurezza ai lavoratori.

